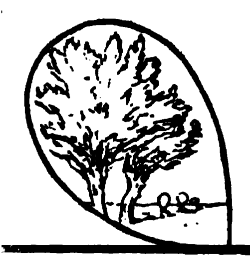
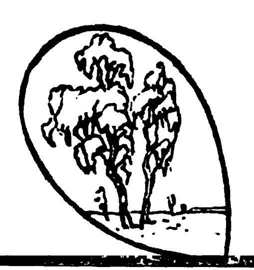
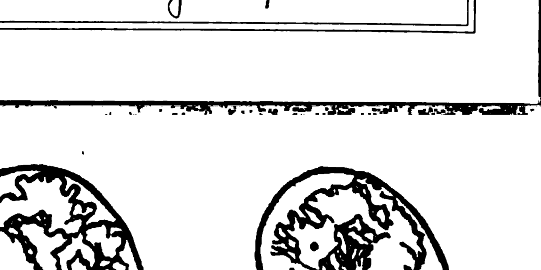
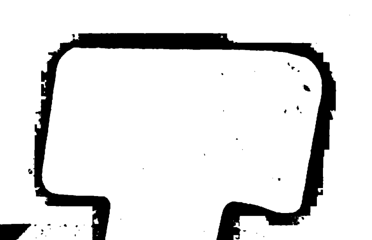








Lorey's

Handbuch der Forstwissenschaft

Zweite verbesserte und vermehrte Auflage

in Verbindung mit

Professor Dr. A. Bühler in Tübingen — Gerichtsrat Professor Dr. K. Dickel in Charlottenburg-Berlin — E. Ritter von Dombrowski in Wien — Professor Dr. M. Endres in München — Professor Dr. C. Fromme in Gießen — Oberforstrat Dr. H. von Fürst, Direktor der forstlichen Hochschule in Aschaffenburg — Hofrat Professor A. Ritter von Guttenberg in Wien — Professor Dr. H. Hausrath in Karlsruhe — Professor Dr. L. Klein daselbst — Regierungsrat Professor G. Lauböck in Wien — † Professor Dr. T. von Lorey in Tübingen — Geh. Regierungsrat Professor Dr. A. Metzger in Münden — Geh. Oberforstrat Dr. M. Neumeister, Direktor der Forstakademie in Tharandt — Professor Dr. E. Ramann in München — Hofrat Professor Dr. Fr. Schwackhöfer in Wien — Forstmeister Professor Dr. A. Schwappach in Eberswalde — Forstrat Professor F. Wang in Wien — Professor Dr. R. Weber in München

herausgegeben von

Professor Dr. **Hermann Stoetzer,**

Geh. Oberforstrat und Direktor der Grossh. sächsischen Forstlehranstalt Eisenach.

In vier Bänden.

Dritter Band.

Forstliche Betriebslehre und forstliches Ingenieurwesen.

Mit 250 Abbildungen.

Tübingen 1903.
Verlag der H. Laupp'schen Buchhandlung.

Forstliche Betriebslehre

und

Forstliches Ingenieurwesen.

In Verbindung mit

C. Fromme, A. Ritter von Guttenberg, H. Hausrath,
M. Neumeister, F. Wang

herausgegeben

von

Hermann Stoetzer.

Mit 250 Abbildungen.

Tübingen 1903.
Verlag der H. Laupp'schen Buchhandlung.

Druck von H. Laupp jr in Tübingen.

Inhalt des dritten Bandes.

VII. Die Forstvermessung.

Von

C. Fromme.

VIII. Waldwertrechnung und Statik.

Von

J. Lehr.

Für die 2. Auflage durchgesehen von H. Stoetzer.

IX. Holzmesskunde.

Von

A. Ritter von Guttenberg.

X. Forsteinrichtung.

Von

Fr. Judeich.

Für die 2. Auflage durchgesehen von **M. Neumeister.**

XI. Transportwesen.

C. Schuberg.

Für die 2. Auflage bearbeitet von **H. Hausrath.**

XII. Die Wildbach- und Lawinenverbauung.

Von

F. Wang.

Verzeichnis der Abkürzungen.

A. F. u. J.-Z.	= Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung. Frankfurt a. M., J. D. Sauerländer.
C. f. d. g. F.	= Centralblatt für das gesamte Forstwesen. Wien, Frick.
F. Bl.	= Forstliche Blätter (von Grunert und Leo, bezw. Grunert und Borggreve), eingegangen.
F. Cbl.	= Forstwissenschaftliches Centralblatt (von Fürst, früher Monatsschrift f. F. u. J.). Berlin, Parey.
J. d. preuss. F. u. J.	= Jahrbuch der preussischen Forst- und Jagdgesetzgebung und Verwaltung. Berlin, Springer.
J. d. schles. V.	= Jahrbuch des schlesischen Forstvereins. Breslau, Morgenstern.
Krit. Bl.	= Kritische Blätter (von Pfeil und Nördlinger). Leipzig, Baumgärtner; eingegangen.
Leb.-Bild.	= Hess, „Lebensbilder hervorragender Forstmänner". Berlin, Parey.
M. f. F. u. J.	= Monatsschrift für Forst- und Jagdwesen. Stuttgart, Schweizerbart.
N. J.	= Neue Jahrbücher der Forstkunde von v. Wedekind. Frankfurt a. M., J. D. Sauerländer; eingegangen.
Oest. F.	= Oesterreichische Forstzeitung (von Weinelt). Wien, Hitschmann.
Oe. V.	= Oesterreichische Vierteljahrsschrift (früher Monatsschrift für Forstwesen). Wien, Verlag des österr. Reichsforstvereins.
Prakt. F. f. die Schw.	= Der praktische Forstwirt für die Schweiz. Davos, Richter.
Schw. Z.	= Schweizer Zeitschrift für das Forstwesen. Zürich, Orell, Füssli u. Co.
Suppl. d. A. F. u. J.	= Supplemente zur Allgemeinen Forst- und Jagd-Zeitung. Frankfurt a. M., J. D. Sauerländer.
Suppl. z. Thar. J.	= Supplemente zum Tharander forstl. Jahrbuch. Dresden, Schönfeld.
Thar. f. J.	= Tharander forstliches Jahrbuch. Dresden, Schönfeld.
V. deutsch. F.	= Bericht über die Versammlung deutscher Forstmänner.
Z. f. F. u. J.	= Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen (begründet von Danckelmann). Berlin, Springer.

Inhalts-Uebersicht
zu
Lorey's Handbuch der Forstwissenschaft.
Zweite Auflage, herausgegeben von Stoetzer.

In vier Bänden.

VII.

Die Forstvermessung.

Von

Carl Fromme.

Litteratur: Jordan, Handbuch der Vermessungskunde 4. Aufl. 1893. Bauernfeind, Elemente der Vermessungskunde, ein Lehrbuch der prakt. Geometrie. 7. Aufl. 1890. Bohn, Die Landmessung. 1886. Baule, Lehrbuch der Vermessungskunde. 2. Aufl. 1901. Adamczik, Compendium der Geodäsie 1901. Baur, Lehrbuch der niederen Geodäsie. 5. Aufl. 1895. Runnebaum, Waldvermessung und Waldeinteilung 1890.

I. Einleitung.

§ 1. Vorbegriffe. Die Grundlage für die wirtschaftliche Benutzung der Forsten bildet die genaue Vermessung der Waldflächen und ihre kartographische Darstellung. Sie allein gewährleistet die Sicherung des forstlichen Grundbesitzes, sie giebt die Fingerzeige für den Entwurf von Wegnetzen und Einteilungsnetzen, sie ermöglicht die Grundsteuerveranlagung, die Forsteinrichtung, Waldwertberechnung etc.

Die Forstvermessung bedient sich der Apparate und Methoden der allgemeinen Vermessungskunde oder Geodäsie, deren Aufgabe die Ausmessung und Abbildung einzelner Teile der Erde bezw. der Erdoberfläche, mittelbar auch die Bestimmung der Gestalt und Grösse des ganzen Erdkörpers ist.

Welche Methoden der allgemeinen Geodäsie bei der Forstvermessung in Frage kommen, ergiebt sich aus folgenden Ueberlegungen.

Nach den geodätischen Messungen der letzten Jahrzehnte muss man unterscheiden die physische Erdoberfläche, d. h. die Begrenzungsfläche zwischen den starren und tropfbar flüssigen Teilen des Erdkörpers einerseits und seiner Atmosphäre andererseits, von der geoidischen Oberfläche (dem Geoid). Diese besteht aus den Oberflächen aller Meere, dieselben im Gleichgewichtszustand (ohne Ebbe und Flut und Wellenschlag) und durch dünne Kanäle, die unter den Kontinenten herlaufen mit einander in Verbindung gedacht. Das Geoid wird, gemäss den hydrostatischen Gesetzen, von den Lotlinien, die die Richtung der resultierenden Anziehungskraft angeben, in allen Punkten unter rechten Winkeln geschnitten. Da aber das Geoid eine geometrisch zu wenig regelmässige Fläche ist, so substituieren wir ihm für Vermessungszwecke ein Umdrehungsellipsoid, dessen Umdrehungsaxe mit der Erdaxe zusammenfällt. Dasselbe weicht in Deutschland von dem Geoid höchstens um 10 m ab. Die kleine Umdrehungs-Axe oder Polaraxe des Ellipsoids ist nach Bessel zu $b = 6\,356\,079$ m, die grössere Aequator-Axe zu $a = 6\,377\,397$ m anzunehmen. Die Abplattung des Ellipsoids beträgt $\frac{a-b}{a} = \frac{1}{299}$, ein Quadrant der Ellipse, durch deren Umdrehung das

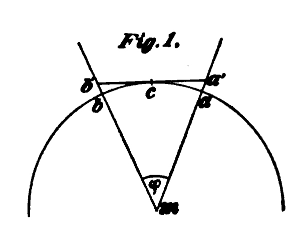
Ellipsoid erzeugt zu denken ist, berechnet sich auf Q = 10000856 m, freilich mit einer Unsicherheit nach oben oder unten von 498 m.

Da die Abplattung, d. h. die Abweichung dieses Ellipsoids von der Kugelform nur klein ist, — bei einem Globus von 0,6 m Durchmesser würden der polare und der äquatoriale Durchmesser nur um 2 mm verschieden sein —, so lässt sich für die meisten Vermessungsaufgaben die Erde als eine Kugel ansehen. Das arithmetische Mittel der Ellipsoid-Halbaxen ist $\frac{a+a+b}{3} = 6\,370\,291$ m und giebt fast genau den Halbmesser einer Kugel an, die mit dem Ellipsoid gleiche Oberfläche besitzt.

Es kann sogar vollkommen überflüssig sein, bei einer Vermessung und ihrer Berechnung von einer Kugelgestalt der Erde auszugehen, es kann, ohne dass die Genauigkeit des Resultats im mindesten darunter leidet, die ellipsoidische Oberfläche als aus lauter ebenen Flächenstücken zusammengesetzt gedacht, d. h. der Krümmungsradius des zu vermessenden Teils der Erdoberfläche als unendlich gross angenommen werden. Dann handelt es sich um eine Vermessungsaufgabe aus der ebenen oder niederen Geodäsie, während diejenigen Aufgaben, bei denen eine sphärische oder sphäroidische (ellipsoidische) Gestalt der Erde zu Grunde gelegt werden muss, der sphärischen oder sphäroidischen, der höheren Geodäsie zufallen.

Bei einer Waldvermessung kommen, weil die Ausdehnung des Gebiets im Vergleich zu der gesamten Erdoberfläche immer klein ist, die Methoden der sphäroidischen Geodäsie niemals in Betracht, es fragt sich nur, ob die Aufgabe der sphärischen oder der ebenen (niederen) Geodäsie zufällt.

Um dies zu entscheiden, sei durch einen Punkt a der (kugligen) Erdoberfläche und den Mittelpunkt m der Erde eine Ebene gelegt, welche die Erdoberfläche in einem grössten Kreis schneidet (Fig. 1). Ein zweiter Punkt des Kreises sei b, sein sphärisch gemessener Abstand vom ersten sei ab = S. Die Erdradien r beider Punkte mögen den Winkel φ einschliessen. am und bm sind, wenn die Erde als kuglig und von einer zum Mittelpunkt m symmetrischen Massenverteilung vorausgesetzt und auch die Zentrifugalkraft der sich drehenden Erde vernachlässigt wird, zugleich die Richtungen der Gravitation in den Punkten a und b, wie sie ein frei hängendes Senkel angiebt, die Vertikal- oder Lotlinien. Aus der Proportion



$$\varphi^0 : 360^0 = S : 2r\pi$$

folgt sodann

$$\varphi = \frac{360^0}{2r\pi} . S$$

oder in Sekunden

$$\varphi = \frac{180 . 60 . 60}{\pi} . \frac{S}{r} = 206\,265'' \frac{S}{r}.$$

206 265 ist der Reduktionsfaktor für Bögen S und zugehörige Winkel φ.

Für $\varphi = 60''$ folgt hieraus nach Einsetzung des Werts 6 370 291 für r S = 1855 m = 1,855 km = 1 englische oder Seemeile = 1/4 geographische Meile. Betrachtet man eine Neigung zweier Lotlinien von 60″ als zu vernachlässigende Grösse, d. h. sieht man solche Lotlinien noch als parallele Gerade an, so betrachtet man also damit das zwischen ihnen liegende Stück der Erdoberfläche als Teil einer Ebene. Die grösste noch als eben anzusehende Fläche wäre eine Kreisfläche von 2,7 qkm. Tatsächlich geht man viel weiter und vermisst noch ein Stück der Erdoberfläche bis zu 55 qkm

$=1$ q geogr. Meile nach den Regeln der ebenen Geodäsie. Die Berechtigung dieser weitgehenden Vernachlässigung ist daraus abzuleiten, dass noch bei einem Winkel $\varphi = 20'$ die Differenz zwischen der Länge des Bogens ab $=$ S und der Länge der Tangente a'b', die in der Mitte zwischen a und b an die Kugel gelegt ist, so klein ausfällt, dass sie nur bei Berechnung mit 7stelligen Logarithmen zu erkennen ist.

Die Lotlinien laufen in Wirklichkeit, namentlich in der Nähe von Gebirgen, wegen der ungleichen Massenverteilung auf und unter der Erdoberfläche sogar auf einem kleinen Gebiete nicht einander parallel (Lotablenkungen), sie wären auch selbst bei symmetrischer Massenverteilung und bei Ersetzung des Geoids durch das ideale Ellipsoid im allgemeinen nicht nach dem Erdmittelpunkte gerichtet. Wir wollen aber doch diese letztere Annahme im folgenden machen, indem wir statt des idealen Ellipsoids eine ideale Erdkugel einführen und um deren Mittelpunkt alle Massen symmetrisch angeordnet denken.

Dass die Erhebungen und Vertiefungen der Oberfläche, die Gebirge und die Meerestiefen, dieser Annahme einer idealen Kugelfläche nicht absolut hindernd im Wege stehen, ist wohl daraus zu ersehen, dass die höchste Erhebung, der Gaurisankar im Himalaya mit seiner Höhe von 8840 m ü. M. auf einem Globus von 1,46 m Durchmesser nur 1 mm hoch erscheinen würde, während die grössten Meerestiefen durch Einsenkungen von noch nicht 1/2 mm dargestellt wären.

Wir nennen eine Ebene, die auf der zum Mittelpunkt der idealen Erdkugel weisenden Lot- oder Vertikallinie senkrecht steht, eine Horizontalebene und, wenn sie zugleich durch einen Punkt c der Erdoberfläche (Fig. 1) geht, dessen scheinbaren Horizont. Dieser ist also Tangentialebene der idealen Erdkugel. Jede der durch c in dieser Ebene gezogenen geraden Linien heisst eine Horizontlinie von c (a'cb' in Fig. 1). Dagegen heisst eine mit der idealen Erdkugel konzentrische, durch Punkt c gehende Kugelfläche der wirkliche oder wahre Horizont von c (acb in Fig. 1).

Diese sind also für alle Punkte der Erde Parallel-Flächen, während die scheinbaren Horizonte um dieselben Winkel, wie die zugehörigen Lotlinien gegeneinander geneigt sind.

Solange man, bei genügend kleiner Fläche, die Lotlinien noch als Parallelen betrachten darf, ist es also auch gestattet, von der Neigung der scheinbaren Horizonte gänzlich abzusehen und damit den wahren Horizont durch den scheinbaren zu ersetzen.

Jeder Punkt der physischen Erdoberfläche hat seinen besonderen scheinbaren Horizont, aber auf kleinen Gebieten sind dieselben an allen Punkten einander parallel. Denken wir uns nun die Lotlinien aller Punkte des Gebiets konstruiert, die Schnittpunkte aller mit einem der Horizonte, etwa dem tiefstliegenden, angemerkt und dieselben mit einander verbunden, so ist dadurch das Gebiet in der Projektion auf einen Horizont, d. h. im Grundriss, dargestellt. Ein entsprechend verkleinertes Bild desselben heisst der Grund- oder Situationsplan. Gewöhnlich kommt es in erster Linie auf die Ermittlung des Grundrisses an. Ein vollständiges Bild des Gebiets erhält man aber erst dadurch, dass man auch die Längen der Lotlinien von den Punkten bis zu der ausgewählten Horizontalebene misst. Denn sie sind den Höhenunterschieden relativ gegen die Höhe des tiefsten Punkts gleich, sie geben also ein Bild der Niveauverhältnisse in dem Gebiet. Die zeichnerische Darstellung derselben heisst ein Aufriss, Nivellementsplan oder Profil.

So wichtig die Profile für viele Zwecke auch sind, so treten sie doch im allgemeinen stark hinter der Horizontalaufnahme zurück. Ueberall wo nach der Fläche des Gebiets schlechthin gefragt wird, ist die Grösse der Horizontalprojektion gemeint; denn diese ist in erster Linie bestimmend für den Wert des Grundstücks, für

die Steuerveranlagung, für die Dichtigkeit seiner Bepflanzung, und erst in zweiter Linie spricht die Neigung des Gebiets und seiner Teile gegen den Horizont und seine Lage zu den Himmelsrichtungen mit. Die Besprechung der Horizontal-Messungen nimmt deshalb die erste Stelle und den breitesten Raum ein.

§ 2. **Masseinheiten.** Die Messung einer Grösse besteht in der Aufsuchung der Verhältniszahl, welche angiebt, wie oft in der zu messenden Grösse eine andere, aber ihr gleichartige Grösse, die Masseinheit, enthalten ist.

Die Masseinheit für Längen bildet jetzt in fast allen Ländern das Meter, das ursprünglich als Naturmass, nämlich als der 10 millionste Teil eines Erdmeridianquadranten gedacht war. Der in § 1 angegebene Wert der letzteren Grösse zeigt jedoch, dass dies nicht zutrifft. Zudem ist die Kenntnis der genauen Länge des Erdmeridianquadranten noch sehr unsicher, und nach jeder neuen, die Fortschritte der Methoden und feinere Instrumente benutzenden Meridian-Vermessung würde ein anderer Wert des Meters anzunehmen sein. Darum bezeichnet man jetzt als Meter den Abstand der Endstriche eines in Paris aufbewahrten Urmassstabs bei 0° C., resp. seiner Kopie, welche sich im Besitze der Normal-Aichungs-Kommission in Berlin befindet. Die Vorteile des metrischen Systems, welche ihm von Frankreich ausgehend überall zur Annahme verholfen haben, beruhen in der konsequenten Bildung der kleineren Einheiten und in der ebenso konsequenten Zusammensetzung der Einheit zu grösseren Einheiten. Das Meter m wird zehnteilig zerlegt — Dezimeter dm, Centimeter cm, Millimeter mm — und zehnteilig zu grösseren Einheiten zusammengesetzt — Dekameter, Hektometer, Kilometer km. Als grössere Einheit sind noch vielfach in Gebrauch die geographische Meile = 7420 m und die englische oder Seemeile = 1855 m = $^1/_4$ geogr. Meile.

Die Masseinheit für Flächen wird durch das Quadrat über der Längeneinheit gebildet. Sie ist also das Quadratmeter (qm oder m^2), für sehr kleine Flächen (auf Plänen) das dm^2, cm^2, mm^2, und für grössere Flächen das Quadratdekameter = 100 qm = 1 Ar oder für noch grössere 10000 qm = 100 Ar = 1 Hektar.

Die Masseinheit für Körperinhalte ist der Würfel über der Längeneinheit, also ein Kubikmeter cbm.

Die Masseinheit für Flüssigkeiten ist das Liter = ein Kubikdezimeter. Ein Liter reinen Wassers hat bei + 4° C. das Gewicht eines Kilogramms, welches die Einheit für Gewichte ist. Als — gerade nicht häufig in der Geodäsie vorkommende — **Masseinheit für die Zeit** dient die Sekunde, d. h. $^1/_{24 \cdot 60 \cdot 60}$ = $^1/_{86400}$ der Zeit, die zwischen zwei auf einander folgenden Kulminationen der (mittleren) Sonne liegt.

Winkeleinheit ist der Winkel, welcher von einer Geraden in der Ebene bei einer vollen Umdrehung um einen ihrer Punkte entsteht. Er wird eingeteilt entweder in 360° zu 60′ und 60″ (Sexagesimal- oder alte Teilung A. T.) oder in 400 g zu 100 c und 100 cc (Centesimal- oder neue Teilung N. T.)

Es ist also 1 g (N. T.) = 0,9° (A. T.) = 0° 54′ (A. T.)
woraus 1 c (N. T.) = 0′,54 (A. T.) = 0′ 32″,4 (A. T.)
und 1 cc (N. T.) = 0″,324 (A. T.)

Die neue Teilung des Winkels hat noch immer nicht zu allgemeiner Anwendung gelangen können, weil sich die Astronomen ihr widersetzen. Denn einmal würde bei der Abhängigkeit, in welcher in der Astronomie Zeit- und Bogengrössen von einander stehen, eine Reform der Kreisteilung auch eine solche der Zeitteilung herbeiführen, und dann scheut man die ungeheuere Arbeit der Umrechnung aller älteren Beobachtungen.

Aber in der Vermessungskunde breitet sich die neue Teilung immer mehr aus, und sie verdient auch immer weiteren Eingang zu finden wegen der bequemen dezimalen Schreibweise für die Minuten und Sekunden.

Da häufig Verwandlungen aus alter in neue Teilung wegen des gleichzeitigen Gebrauchs beider in der Geodäsie auszuführen sind, so sei das bequeme, von dem Astronomen Delambre empfohlene Verfahren mitgeteilt:

Es seien in Sexagesimalteilung zu verwandeln	46 g,7865625
Man ziehe hiervon den 10. Teil ab mit	4, 6786562
Der Rest giebt in Sexagesimalgraden	42°, 1079063
Den Bruch mit 60 multipliziert, giebt	42°6',474378
Nochmals mit 60 multipliziert, ist das Resultat	42°6'28",4627
Es seien in Dezimalgrade zu verwandeln	42°6'28",4627
Man verwandle die Sekunden in Minuten	42° 6', 474378
Verwandle ferner die Minuten in Grade	42°,10790633
Füge den neunten Teil dieser Grade hinzu mit	4, 67865625
So ist die Summe beider die gesuchte Grösse	46g,7865625

Folgende Tabelle zeigt die Vielgestaltigkeit des früheren Längenmasses, des Fusses, in den einzelnen Ländern. Sie giebt die Länge des Fusses in den Staaten, ausgedrückt in mm an.

Preussen	Bayern	Hannover	Württemberg	Sachsen	Hessen-Kassel	Darmstadt	Baden, Nassau	Braunschweig	Oesterreich	Frankreich	England, Russland
313,8	291,9	292,1	286,5	283,2	287,7	250,0	300,0	285,4	316,1	324,8	304,8

Die Einteilung des Fusses in Zoll, des Zolls in Linien war teils eine dezimale, teils eine duodezimale.

Die frühere Flächeneinheit war der Quadratfuss. Als grössere Einheit diente meist die Quadratruthe (in Preussen z. B. gleich 144 Quadratfuss, in Württemberg gleich 100 Quadratfuss), und für grössere Flächen der Morgen (in Preussen gleich 180 Quadratruthen, in Württemberg gleich 384 Quadratruten). Andere Bezeichnungen als Morgen für die grössere Flächeneinheit bei Feldmessungen sind Acker, Joch, Tagewerk, Dessätin.

Die folgende Tabelle giebt die Grösse eines Joch, Morgen, Acker, Tagewerk, Dessätin in Ar an.

Preussen	Bayern	Hannover	Württemberg	Sachsen	Hessen-Kassel	Hessen-Darmstadt	Baden	Braunschweig	Oesterreich	England	Russland
25,53	34,07	26,21	31,52	55,34	23,86	25,00	36,00	25,00	57,55	40,47	109,25

§ 3. **Apparate zum Messen von Längen auf dem Felde.** Da die Masseinheiten für Flächen und Räume aus derjenigen für Längen abgeleitet sind, so bedürfen wir nur zweier Arten von Apparaten, solcher zum Längenmessen und solcher zum Winkelmessen. Von ersteren besprechen wir vorderhand auch nur diejenigen, welche zum Messen von horizontalen oder nahezu horizontalen Linien dienen und ein Abschreiten der betr. Strecke mit dem Apparat verlangen. Die Messung vertikaler

Linien (Höhenmessung) sowie die optische Streckenmessung (Distanzmessung) wird erst später behandelt.

Indem wir die Werkzeuge zur genauesten Messung einer Strecke, wie sie bei Arbeiten zur Bestimmung der Erdgestalt oder bei den Landestriangulationen erfordert wird, die sogenannten Basismessapparate ausschliessen, nennen wir in erster Linie die Messlatte. Das ist ein Massstab von möglichst astfreiem Tannenholz, gewöhnlich 5 m lang. Der Querschnitt ist meist elliptisch und verjüngt sich von der Mitte nach den Enden. Diese sind mit Eisen beschlagen. Die Latten sind mit Oelfarbe gestrichen, die Farbe ist auf der ganzen Länge die gleiche oder sie wechselt von Meter zu Meter ab. Die Einteilung wird durch eingeschlagene Sophanägel bis auf dm durchgeführt, cm werden geschätzt.

Grössere Längen als 5 m werden entweder durch abwechselndes Aneinanderlegen zweier Latten oder mittelst des Stahlmessbands gemessen. Dieses besteht aus einem meist 20 m langen dünnen Stahlband, das beim Nichtgebrauch zu einer Rolle aufgewickelt ist. Die Einteilung wird durch eingenietete Nägel, durch Löcher oder durch eingeätzte Striche bewirkt. An den Enden trägt das Stahlband je einen Ring, mit dem es auf einen Stab (Kettenstab) aufgeschoben wird. Bei einer 20 m überschreitenden Strecke werden die einzelnen Züge durch Einstecken kleiner ca. 30 cm langer Stäbchen, der Kettennägel, bezeichnet.

Die früher in Norddeutschland viel gebrauchte Messkette, welche bei einer Länge von 20 m aus 20 cm langen, durch Ringe verbundenen Stahlstäben besteht, wird jetzt kaum noch gebraucht.

Die leinenen Messbänder, welche mittelst einer Kurbel auf einer Trommel in messingener Kapsel aufgerollt werden können, gewähren wegen der nie ganz zu beseitigenden Hygroskopität des Materials keine so grosse Genauigkeit wie die stählernen.

Die Drehlatte oder der Feldzirkel ist sehr bequem, aber weniger genau als die Messlatte. An den Enden eines Massstabs von rechteckigem Querschnitt sind vertikale Spitzen angebracht, in der Mitte ein Griff. Die Latte am Griffe anfassend, kann man sie zur Abmessung von Längen auf dem Felde ebenso gebrauchen, wie den Zirkel zur Abmessung von Längen auf dem Papier. Die Bequemlichkeit liegt darin, dass zur Abmessung beliebig grosser Längen ein Zirkel ausreicht, dass zur Bedienung ein Mann genügt, und dass die Arbeit sehr rasch von statten geht.

Am schnellsten wird die Längenmessung mit dem Messrad ausgeführt, das bei ebener und glatter Bodenbeschaffenheit, auf welche sich seine Anwendbarkeit beschränkt, z. B. auf chaussierten Wegen, auch an Genauigkeit die Messbänder übertrifft.

Ein sehr bequemes und durchaus nicht allzu ungenaues Mittel der Entfernungsbestimmung ist die Zählung der Schritte. Zwar wächst die Schrittlänge S mit der Grösse H des Menschen, es ist durchschnittlich bei

H = 1,6 m	1,7 m	1,8 m	1,9 m
S = 78 cm	80 cm	82 cm	84 cm,

sie nimmt mit zunehmendem Alter ab, ist am grössten beim Gehen auf horizontaler Fläche, und ändert sich auch mit der Marschzeit, indem sie mit zunehmender Ermüdung kleiner wird. Aber derselbe Mensch hat unter gleichen äusseren Verhältnissen auch eine konstante, ihm eigentümliche Schrittlänge, die er, einmal bestimmt, zu Längenmessungen sehr gut benutzen kann. Als Normalwert, bei horizontalem, ebenem Boden kann man 80 cm annehmen.

Mechanische Schrittzähler in Taschenuhrform, deren Werk, wenn man sie in die Hosentasche steckt, durch die Erschütterung beim Schreiten in Bewegung gesetzt wird, heissen Podometer. Mehrere Zeiger auf einem Zifferblatt gestatten die durchschrit-

tene Entfernung bis zu vielen Tausend Metern abzulesen. Oeftere Kontrolierung dieser Instrumente mittelst der Kilometersteine einer Landstrasse ist nötig.

Von allen diesen Längenmessapparaten sind nur die Messlatte und das Stahlmessband aichfähig, alle übrigen dürfen nicht zu Messungen gebraucht werden, die amtlich geaichte Längenmasse erfordern. Von der Richtigkeit der Messlatte und des Stahlbandes überzeugt man sich durch Vergleichung mit einem Normalmassstab, dessen Richtigkeit durch die Normal-Aichungs-Kommission beglaubigt sein muss.

Ein Stahlband von 20 m Länge darf höchstens um 3,5 mm von seinem Sollwert abweichen, und eine Messlatte von 5 m Länge um höchstens 1,6 mm.

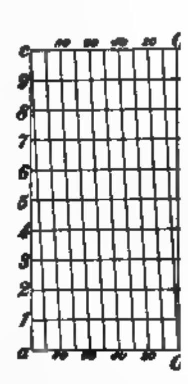
§ 4. Verjüngter Massstab und Winkeltransporteur. Die Karte, das verkleinerte Bild des vermessenen Gebiets, muss die Bedingung der Aehnlichkeit erfüllen, es müssen also sämtliche Winkel im Bilde den entsprechenden in der Natur gleich sein, und alle Längen im Bilde zu den entsprechenden auf dem Felde im gleichen konstanten Verhältnis, dem Verjüngungsverhältnis oder Massstab der Karte stehen.

Bei der Herstellung einer Karte sind Verjüngungsmassstäbe, welche die natürlichen Längen in die entsprechenden Längen im Bilde umzuwandeln gestatten, unentbehrlich; dagegen werden die auf dem Felde gemessenen Winkel vielfach nicht direkt in die Karte übertragen (Koordinatenzeichnung), so dass ein Apparat zur Winkelzeichnung, ein Winkeltransporteur, nicht zu den unumgänglich notwendigen gehört.

Die Grösse des Kartenmassstabs richtet sich nach dem Zweck der Karte. Soll sie nur zur Orientierung dienen, so ist der Massstab klein, soll man auch den Flächeninhalt aus ihr entnehmen können, oder soll gar die Karte zur Teilung der Grundstücke und zu Zwecken der Grenzregulierung dienen, so muss der Massstab grösser gewählt werden.

Die verjüngten Massstäbe bestehen aus Metall oder aus trockenem harten Holz, oder man zeichnet sie auf Papier Soll z. B. ein Massstab im Verjüngungsverhältnis 1:5000 angefertigt werden, derart jedoch, dass die Längen bis auf ein Meter genau von ihm abgegriffen werden können, so trage man 2 cm mehrmals auf einer Geraden ab (Fig. 2). Die 2 cm stellen also die Länge von 100 m auf dem Felde dar. In den beiden Endpunkten der Geraden errichte man Senkrechte ac und bd von passender Länge und teile sie in 10 Teile von je etwa 0,5 cm. Die entsprechenden Teilungspunkte beider werden verbunden. Nun teile man auch die Gerade cd in Strecken von je 2 cm ein und verbinde die Teilungspunkte mit den entsprechenden der Geraden ab. Endlich wird ao und co in 10 gleiche Teile geteilt, von denen jeder also den Wert von 10 m besitzt, und die Transversalen 0,10. 10,20. 20,30. etc. gezogen. Die Grundlinien der so entstehenden schmalen Dreiecke haben dann Werte von 1, 2, 3 . . . . . 10 m, so dass es nunmehr leicht ist, eine auf dem Felde gemessene Strecke bis auf 1 m genau im Verjüngungsverhältnis 1:5000 mit dem Zirkel von dem Massstab abzunehmen und in die Karte zu übertragen.

Fig. 2.



Dieser Massstab kann auch zur Anfertigung einer Karte mit anderem Verjüngungsverhältnis, z. B. 1 : 2500, dienen; man hat nur die vorher mit zwei multiplizierten Längen abzugreifen.

Die direkte Uebertragung der gemessenen Winkel in die Karte liefert stets nur mässig genaue Bilder. Der Transporteur wird deshalb nur dann gebraucht, wenn entweder die Vermessung mit mässiger Genauigkeit erfolgte oder doch auf eine genaue Karte kein grosser Wert gelegt wird. Er wird als Halb- oder Vollkreis hergestellt. Um den Mittelpunkt des Kreises ist drehbar ein Arm (Alhidade), dessen eine zugeschärfte Kante zum Ziehen der Winkelschenkel, während der mitgeführte, an der Kreisteilung schleifende Nonius zum genauen Einstellen des betreffenden Winkels dient. Eine an der scharfen Kante anliegende federnde und niederdrückbare Pikirnadel gestattet auch nur die Richtung eines Winkelschenkels auf dem Zeichenblatt zu markieren.

§ 5. Bezeichnung der Vermessunspunkte. Die für die Vermessung massgebenden Punkte sind entweder an und für sich schon genügend bezeichnet (Kirchtürme, Schornsteine, Blitzableiter, Kanten von Gebäuden) oder sie verlangen nur eine kleine Herrichtung (Anbringen einer hohen Stange in dem Wipfel eines Baumes) und heissen dann natürliche Signale, oder aber sie erfordern die Errichtung künstlicher Signale in ihnen.

Ein solches Signal soll in letzter Instanz die durch den Punkt gehende Lotlinie markieren, deren Richtung allein vollkommen ausreicht, wenn nur die Projektion des Punkts auf den Horizont ermittelt werden soll. Soll dagegen auch der senkrechte Abstand des Punkts von einem Horizont bestimmt werden (Höhenmessung), so muss die zu konstruierende Vertikallinie noch eine Höhenmarke tragen (Metallbolzen, der in Stein eingelassen ist, oder einfach Höhe des über dem Punkt errichteten Signals).

Die Art des Signals hängt von der Wichtigkeit des betr. Punkts für die Vermessung und von der Länge der Zeit, während deren man des Signals benötigt, ab. Es werden also entweder massige Steine in den Boden eingelassen oder eiserne oder Drainröhren oder nur Holzpflöcke.

Um die Zeichen aus grösserer Entfernung sehen zu können, was bei den Landesvermessungen für die trigonometrischen Punkte höherer Ordnung erforderlich ist, wird über ihnen eine Pyramide aus starken Balken und Brettern gebaut, deren Spitze noch besonders mit einer gut anvisierbaren Vorrichtung versehen ist. Bei gewöhnlichen Messungen und geringeren Entfernungen der Punkte genügt die Aussteckung von Absteckstäben (Fluchtstab, Bake) 2—4 m langer, 3 cm dicker, gerader runder Stangen aus Fichten- oder Lärchenholz, am einen Ende mit spitzem eisernen Schuh versehen, mit dem sie senkrecht in den Erdboden gesteckt werden. Die Anbringung einer kleinen Fahne am oberen Ende erleichtert das Auffinden dieser Zeichen aus grösserer Entfernung, und ihre Sichtbarkeit auf hellem wie dunklen Hintergrund wird durch abwechselnd hellen und dunklen Anstrich gefördert. Um einigermassen unabhängig von genau senkrechter Stellung des Stabs zu sein, die man durch Anhalten eines Senkels oder Ansetzen einer Libelle oder durch Visieren in zwei Richtungen nach senkrechten Linien (Gebäudekanten) erreicht, visiert man den Stab stets möglichst nahe am Erdboden an. Ist der Stab nicht über dem durch Signal bezeichneten Punkt aufstellbar, so setzt man ihn etwas seitlich, aber natürlich in der Richtung, aus welcher der Punkt angezielt wird.

Jeder Vermessungspunkt wird entweder durch einen Namen oder durch eine laufende Nummer bezeichnet.

II. Horizontalmessungen.

§ 6. Allgemeines. Es wird in diesem ganzen Abschnitt angenommen, dass es sich um die Vermessung von Gebieten handle, welche die Grösse von 55 km² = 1 geogr. Meile im Quadrat nicht überschreiten. Nach § 1 darf dann, so lange es sich nur um die Bestimmung der Horizontal-Projektion, d. h. um die Flächengrösse, handelt, von der Erdkrümmung abgesehen und die Aufnahme auf den scheinbaren Horizont irgend eines der Vermessungspunkte bezogen werden. Als Hilfsmittel der Vermessung dienen in den §§ 7—14 nur die einfachsten Instrumente, nämlich Absteckstäbe, Längenmesswerkzeuge und Apparate zum Abstecken von konstanten Winkeln. Zwei Punkte bestimmen durch den Schnitt der Vertikalebene, welche durch ihre Lotlinien (Absteckstäbe) hindurchgeht, mit der Erdoberfläche eine Kurve, die sich in der Projektion auf die Horizontalebene als gerade Linie darstellt.

Eine gerade Linie wird also durch zwei ihrer Punkte der Richtung nach zwar vollständig bestimmt, aber für Vermessungszwecke ist doch die Aufsuchung noch weiterer Punkte („Absteckung") meist durchaus erforderlich.

§ 7. Absteckung einer Geraden.

a) Verlängerung einer durch zwei Absteckstäbe A und B bestimmten Geraden. Man nimmt einen Absteckstab locker zwischen die Finger, so dass er senkrecht hängt, hält ihn mit ausgestrecktem Arm vor sich und sucht einen Punkt C, in welchem dieser Stab die beiden zuerst ausgesteckten Stäbe zu gleicher Zeit deckt. Derselbe liegt dann in der Verlängerung der Geraden. Beim Einstossen in den Boden muss auf senkrechte Stellung des Stabs geachtet werden.

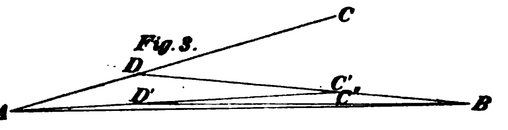
b) Einschaltung eines Punkts D zwischen die gegebenen Endpunkte A und B.

α) Man verlängert zuerst die Gerade AB und erhält Punkt C. Dann verlängert man die Gerade CA über A hinaus, indem man mit einem Stab D zwischen A und B tritt, so ist D ein Zwischenpunkt der Geraden AB.

β) Will oder kann man die Verlängerung von AB nicht ausführen, so stellt man sich hinter A oder B auf und schickt einen Gehilfen mit einem Stab zwischen A und B. Man weist den Gehilfen durch Zeichen mit dem Arm in die Gerade AB ein. Man beginne, wenn mehrere Zwischenpunkte einzuschalten sind, mit dem entferntesten. Während der Prozedur des Einwinkens und Einschaltens visiert der Beobachter von der Mittellinie seines Stabs aus, nach Beendigung des Verfahrens möge er an einer Seite desselben vorbeivisieren; so müssen sich nun sämtliche seitlichen Ränder der Zwischenstäbe decken. Um von genau senkrechter Stellung der Stäbe unabhängig zu sein, ist es gut, in gebückter Stellung zu visieren.

Man achte auf gute Beleuchtung der Stäbe, stecke also, wenn möglich, mit der Sonne im Rücken ab.

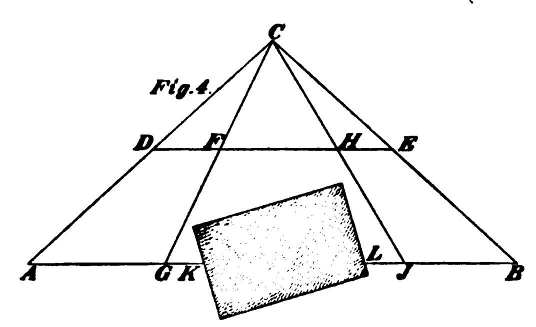
γ) Wenn sich der Beobachter hinter einem der gegebenen Punkte A und B nicht aufstellen kann oder will — der Punkt liegt etwa in unzugänglichem Gelände, oder die Entfernung von A oder B ist zu weit, oder wenn man wegen eines Hügels nicht von A nach B sehen kann, so benutzt man ein Näherungsverfahren: Man visirt (Fig. 3) abwechselnd von C aus einen Gehilfen D nach Punkt A ein und lässt sich (C') vom Gehilfen D nach Punkt B einvisieren. Es wird also mit zwei Stäben C und D operiert, von denen der eben einvisierte stehen bleibt, während derjenige, von welchem aus einvisiert wurde, seinen Platz ändert, weil er jetzt zum Einzuvisierenden wird. Die Annäherung der Stäbe C und D an die Grade AB wird so immer grösser, und sie befinden sich beide



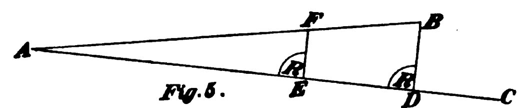
in AB, wenn zu gleicher Zeit C in der Graden AD und D in der Graden BC liegt.

Die obigen Verfahren setzen voraus, dass in der Richtung AB visiert werden kann. Ist das nicht möglich, so werden Längenmessungen und Absteckungen von rechten Winkeln nötig.

δ) Mit Längenmessungen allein kommt man aus, wenn das auf der Graden AB liegende, die Visur verdeckende Hindernis (Gebäude, Wald) das Aufsuchen eines Punkts C gestattet, von dem aus sowohl nach A und B als auch nach Teilen der Graden AB freie Visur ist (Fig. 4). Man messe dann AC und BC aus, nehme den gleichen Teil (etwa die Hälfte) von beiden, verbinde die Teilungspunkte D und E, stecke eine Grade CF ab, deren Verlängerung über F an dem Hindernis vorbeigeht und mache FG = FC. Dann ist G ein Punkt der Graden AB. In gleicher Weise findet man einen Punkt J auf der anderen Seite des Hindernisses. Durch Verlängerung von AG und BJ bestimmen sich die Punkte K und L, in denen die Grade das Hindernis trifft. Durch allmähliche Verlängerung von AK über K und von BL über L hinaus mit allmählicher Wegräumung des Hindernisses (Bäume) lässt sich die Grade AB vollständig abstecken.



ε) Giebt es dagegen keinen solchen Punkt C, liegt etwa die Grade AB ganz im Wald, dann verfährt man unter Zuhilfenahme eines Instruments zum Abstecken rechter Winkel folgendermassen (Fig. 5): Es wird von A aus durch immer weiter gehende Verlängerung die Grade AC abgesteckt, welche nach Signalen, die von B aus gegeben werden, zu urteilen, nahe an B vorbeiführen muss. Von B wird dann ein (kurzes) Lot auf AC gefällt (Punkt D) und BD sowie AD ausgemessen. Im beliebigen Punkt E vom gemessenen Abstand AE errichtet man darauf ein Lot und macht die Länge EF desselben (nach $\frac{EF}{DB} = \frac{AE}{AD}$) gleich $DB \cdot \frac{AE}{AD}$. Dann ist F ein Punkt der Graden AB.



Die häufig vorkommende Aufgabe, den Durchschnittspunkt zweier durch je zwei Punkte bezeichneten Geraden AB und A'B' zu suchen, ist sehr leicht mit Absteckstäben allein zu lösen, wenn man zunächst in jeder der Geraden noch einen dritten Stab C und C' einsteckt (z. B. je in ihrer Verlängerung). Die Lösung der Aufgabe mit dem Prismenkreuz s. unter § 10 c).

(Die Absteckung von Kurven (Kreisbögen), welche hauptsächlich bei dem Wegebau vorkommen, wird im Abschnitt „Transportwesen" abgehandelt.)

§ 8. Ausmessung einer geraden Linie. Verlangt wird die Projektion der Geraden auf den Horizont. Es sind deshalb entweder die Längenmesswerkzeuge stets in horizontale Lage zu bringen oder — bei gleichmässiger Neigung der Geraden gegen den Horizont — die schiefe Länge zu messen und dann mit dem Cosinus des Neigungswinkels zu multiplizieren. Für diese Berechnung der horizontalen Projektion ist der Gebrauch von Tabellen bequem, die für verschiedene schiefe Längen L und verschiedene Neigungswinkel α die Differenz $\delta = L - L \cos \alpha$ zwischen schiefer und horizontaler Länge angeben. Es ist dann $L \cos \alpha = L - \delta$, die horizontale Länge ergiebt sich durch Subtraktion des δ von der gemessenen schiefen Länge.

Zur Bestimmung von α dient eine Reihe von kleinen Instrumenten, z. B. der Spiegel-Neigungsmesser von Tesdorpf (cf. § 24 b).

Indessen erreicht der Unterschied zwischen schiefer und horizontaler Länge einer Geraden erst bei einem Winkel von 8° ein Hundertel, so dass bei mässigen Anforderungen an die Genauigkeit die schiefe Länge für die horizontale Projektion gesetzt werden kann.

Bei stärkerer gleichmässiger Neigung oder bei sehr unregelmässiger Bodenbeschaffenheit würde das Horizontalspannen des langen Messbands Schwierigkeiten bereiten, es empfiehlt sich dann die schiefe Messung mittelst Stahlband oder allein die Messlatte, die man leicht nach dem Augenmass oder durch Libelle in horizontale Lage bringen kann. Das eine Ende der Latte liegt am Anfangspunkt der Messung, das andere projiciert man mittelst eines Absteckstabes oder Senkels auf den Erdboden und legt im Projektionspunkt eine zweite Latte an, an das andere Ende dieser, nachdem es auf den Boden projiciert, wieder die erste u. s. f. (Staffelmessung). Die Messung der Geraden beginnt stets in dem höher gelegenen Endpunkt.

Einen Vorteil der Stahlbandmessung kann man darin erblicken, dass die Gerade für die Ausmessung keiner Absteckung bedarf, weil die beiden Arbeiter, welche die Enden des Bandes halten, mit Hilfe der durch die Endringe gesteckten Stäbe (Kettenstäbe) sich stets in die Gerade einvisieren können.

Die Messlatte besitzt dagegen den Vorzug, dass das abwechselnde Legen der beiden Latten von einem einzigen Arbeiter besorgt werden kann. Nur bei der Staffelmessung ist die Unterstützung durch einen zweiten Arbeiter erwünscht.

§ 9. **Messungsfehler.** Eine jede Messung ist mit Fehlern behaftet, keine giebt den wahren Wert der gemessenen Grösse an. Zum Teil lassen sich die Fehler vermeiden, zum anderen Teil sind sie unvermeidliche. In jeder Längenmessung z. B. steckt ein Fehler, der durch die Unrichtigkeit des Längenmesswerkzeugs verschuldet ist. Kennt man letztere auf Grund einer Aichung, ist die Latte z. B. ein wenig zu lang, so hat man die mit der Anzahl der gelegten Latten multiplizierte Unrichtigkeit der Latte zu der gemessenen Länge zu addieren. Es muss ferner bei jeder Längenmessung das Resultat von dem wahren Wert schon deshalb abweichen, weil es selbst bei sorgfältigster Absteckung der Geraden unmöglich ist, mit den Latten einer mathematisch geraden Linie zu folgen. Man wird stets ein wenig aus dieser, nach der einen oder der anderen Seite abweichen, und dieses Abweichen muss das Resultat notwendig zu gross ergeben.

Dieser wie der vorhergehende Fehler wirkt bei jeder Messung, so oft sie auch wiederholt werden mag, nach der gleichen Richtung, sie heissen deshalb einseitige Fehler; andere, die durch die Unvollkommenheiten unserer Messinstrumente, unserer Methoden und unserer Sinnesorgane bedingt sind, zeigen sich dagegen bei verschiedenen Messungen mit verschiedenen Vorzeichen. Misst man z. B. dieselbe Länge öfters n-mal mit den gleichen Instrumenten und der gleichen Sorgfalt, so erhält man dennoch etwas verschiedene Resultate $L_1 L_2 \ldots L_n$, bedingt durch unvermeidliche kleine Beobachtungsfehler. Den wahren Wert der Länge verschleiern sie uns, nur ihren wahrscheinlichsten Wert können wir ableiten als das arithmetische Mittel aller Resultate:

$$L = \frac{L_1 + L_2 + \ldots + L_n}{n}$$

(Je weniger alle Werte $L_1 \ldots L_n$ von einander abweichen, desto genauer sind die Einzelmessungen. Als mathematisches Mass der Genauigkeit dient der sog. mittlere Fehler einer Messung

$$m = \sqrt{\frac{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \ldots \varepsilon_n^2}{n-1}}$$

wobei $\varepsilon_1 = L - L_1 \quad \varepsilon_2 = L - L_2 \ldots\ldots \varepsilon_n = L - L_n$.

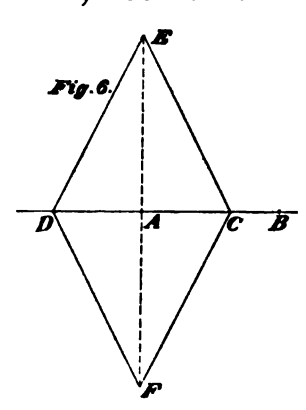
Durch Division von m mit $\sqrt{n}$ erhält man den sogen. Fehler des arithmetischen Mittels

$$\mu = \sqrt{\frac{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \ldots + \varepsilon_n^2}{n-1}} \cdot \frac{1}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \ldots \varepsilon_n^2}{(n-1)n}} = \frac{m}{\sqrt{n}},$$

d. h. um diese Grösse μ kann das arithmetische Mittel L nach oben oder nach unten (weil die Wurzelgrösse $\pm$) noch von dem wahren Wert der Länge abweichen.

§ 10. Konstruktion konstanter Winkel (45°, 60°, 90°, 180°) auf dem Felde.

a) Mit Messband (oder einfacher Schnur) oder Messlatten.



Einen Winkel von 90° trägt man (Fig. 6) an eine auf dem Felde gegebene Gerade AB im Punkt A an, indem man die Gerade über den Scheitelpunkt A des Winkels hinaus verlängert und auf beiden Seiten desselben eine gleiche Länge AC = AD abträgt. In C und D befestigt man an Stäbchen die Enden des Bands oder des Seils, fasst dieses genau in seiner Mitte und zieht es straff nach der einen oder anderen Seite der Geraden hin. Jeder der beiden Knickpunkte des Bandes E und F ist ein Punkt der zu errichtenden Senkrechten. Bei Benutzung der Latte legt man die eine Latte in C, die andere in D an und bringt sie mit ihren zweiten Enden zur Berührung in E oder in F.

Soll im Punkt D ein Winkel von 60° an die Grade DB gelegt werden, so misst man DC ab (z. B. die halbe Schnurlänge oder eine ganze Latte) und macht die Länge DEC dem doppelten von DC (also z. B. der ganzen Schnurlänge oder zwei Latten) gleich. Die Aufgabe der Halbierung eines beliebigen, auf dem Felde liegenden Winkels ist ebenfalls durch die obige Konstruktion gelöst, die ja lediglich die Halbierung des Winkels DAC = 180° zum Gegenstand hatte. Je länger die benutzte Schnur oder Messlatte, d. h. je weiter Punkt E von A entfernt liegt, desto grösser ist natürlich die Genauigkeit der Konstruktion.

b) Mit Winkeltrommel oder Kreuzscheibe.

Wesentlicher Bestandteil dieser Apparate ist das Diopter, eine Vorrichtung zur Herstellung einer Abseh-(Visier-)Ebene, ev. auch einer Absehlinie. Solcher Absehebenen enthält der Apparat, wenn er zur Absteckung von rechten Winkeln dienen soll, zwei unter 90° geneigte. Jede wird durch ein Diopter festgelegt, das einfachstenfalls aus einer Kombination zweier 5—20 cm entfernter Metallplatten mit je einer schmalen parallelen Ritze besteht. An die eine Ritze legt der Beobachter das Auge und dreht das Diopter bei senkrechter Stellung der Ebene der beiden Spalten (der Absehebene) in solche Lage, dass das anvisierte Objekt in die Mittellinie der anderen Spalte zu liegen kommt. Bei der Gleichheit der beiden Spalten lässt sich von der einen oder der anderen aus (vorwärts und rückwärts) visieren. Wird darauf in die zweite, auf der ersten senkrechten Absehebene ein zweites Objekt (Absteckstab) einvisiert, so liegt dieses und das erste in den Schenkeln eines rechten Winkels, dessen Scheitel durch die Schnittlinie der beiden Absehebenen bestimmt ist.

Dies Doppelspalten-Diopter hat den Nachteil eines sehr engen Gesichtsfeldes, wodurch das Auffinden des anzuvisierenden Objekts erschwert wird. Man erweitert deshalb die Spalten an ihren Enden knopflochartig und benutzt diese Teile mit grösserer Breite des Gesichtsfeldes zum Aufsuchen des Objekts. Besser noch wird die dem Objekt zugewandte Spalte durch ein breites Fenster ersetzt, in dessen Mitte ein Faden,

der Okularspalte parallel, ausgespannt ist. Dadurch geht aber der Vorteil, dass man vorwärts und rückwärts zielen kann, verloren, er lässt sich nur durch Vereinigung (Uebereinanderstellung) zweier Diopter zu einem mit der gleichen Visierebene aber entgegengesetzter Lage von Schauritze und Objektivfaden wieder gewinnen.

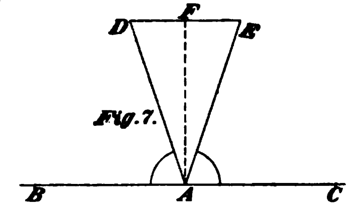
Soll ein Diopter keine Abseh ebene, sondern eine Abseh linie geben, so tritt an die Stelle der Schauritze ein Schauloch und an Stelle des einen Objektivfadens zwei sich kreuzende.

Die Kreuzscheibe besteht aus zwei sich kreuzenden Metallplatten, an deren vier Enden die beiden Diopter so angebracht sind, dass ihre Absehebenen sich unter 90° schneiden. Die Diopterteile lassen sich gewöhnlich auf die Grundplatten herunterklappen, so dass sich der Apparat bequem im Etui transportieren lässt. Für den Gebrauch wird er mit einem in seiner Mittellinie angesetzten kleinen Zapfen auf ein Stockstativ gebracht.

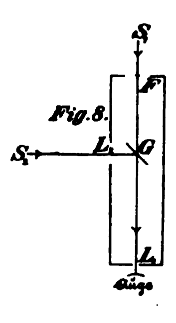
Bei der Winkeltrommel befinden sich die Fenster und Schauritzen der beiden Diopter in der Seitenwand eines metallischen Zylinders oder abgestumpften Kegels. Die Leichtigkeit des Transports wird hierdurch verringert.

Pantometer sind Doppel-Winkeltrommeln, mit denen beliebige Winkel abgesteckt oder auf dem Felde bereits vorhandene gemessen werden können. Die beiden Trommeln haben gleiche Grundflächen und sitzen mit der gleichen Mittellinie (Axe) aufeinander. Die untere ist fest und trägt die eine, die obere ist um die Mittellinie drehbar und trägt die andere Diopterebene. An der Berührungslinie beider hat die eine eine Kreisteilung, die andere einen Index. Auch das Pantometer wird von einem senkrecht in die Erde einzusteckenden Stockstativ getragen. Die Art der Handhabung ist klar.

Die Prüfung der Kreuzscheibe und Winkeltrommel erstreckt sich auf zwei Punkte, nämlich, ob die beiden Teile jedes Diopters eine Ebene bilden, und ob die beiden Absehebenen auf einander senkrecht sind. Das erste prüft man durch Anvisieren eines senkrecht stehenden Absteckstabs von verschiedenen Punkten der Schauritze aus (unter gleichzeitiger Verdeckung aller übrigen), das zweite (Fig. 7) durch Anlegen eines rechten Winkels an einen Punkt A einer auf dem Felde abgesteckten Geraden BAC sowohl nach links (AD) wie nach rechts (AE). Fallen die beiden Richtungen nicht zusammen, so halbiert man ihren Abstand, setzt im Halbierungspunkt F einen Stab ein und dreht, wenn dies möglich ist, die eine Diopterebene durch Verschiebung ihrer Schauritze oder ihres Fensters so lange, bis sie auf F zeigt, während die andere auf B oder C weist.



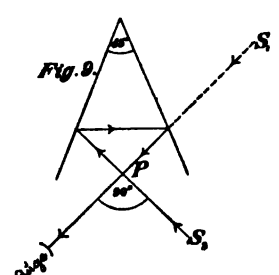
c) Mit Spiegel- oder Prismeninstrumenten. Eine cylindrische Röhre (Fig. 8) trägt in der einen Grundfläche ein (nicht zu kleines) Sehloch L_1, in der anderen offenen ist ein Faden F ausgespannt. In der Axe sitzt ein unter 45° gegen sie geneigtes, zur Hälfte mit Spiegelfolie belegtes Glas G und ihm gegenüber ist in der Seitenwand des Cylinders ein Loch L_2 eingeschnitten. Visiert man in die Richtung des Diopters einen Stab S_1 ein und lässt durch einen Gehilfen einen zweiten Stab S_2 so setzen, dass man im Spiegel sein Bild ebenfalls auf dem Diopterfaden erblickt, so liegen die beiden in den Schenkeln eines rechten Winkels, dessen Scheitelpunkt sich im Spiegel befindet.



Eine Unbequemlichkeit dieses Spiegelrohrs liegt darin, dass man es entweder

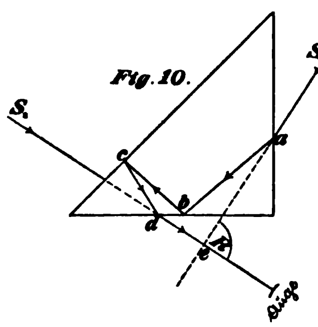
ebenso wie die Winkeltrommel auf ein Stativ stecken oder, wenn es frei in der Hand gehalten wird, sehr ruhig halten muss, da die kleinste Bewegung des Rohrs die Koincidenz der Bilder aufhebt.

Bei Benutzung zweier, unter 45° geneigter Spiegel, eines Winkelspiegels, kann man dagegen kleine Drehungen um die Durchschnittslinie der Spiegel ausführen, ohne dass die beiden Bilder, das direkt gesehene des einen Stabs S_1 und das durch doppelte Spiegelung gesehene des anderen S_2, auseinandergehen. Die beiden Spiegel (Fig. 9) sind an den Seitenwänden eines nach vorn offenen, prismatischen Gehäuses aus Metall angebracht. Die Seitenwände sind über den Spiegeln mit breiten Fenstern versehen. Durch das Fenster über dem rechtsseitigen Spiegel sehend erblickt man Stab S_1, während das Bild von S_2 durch Reflexion, erst am linksseitigen, dann am rechtsseitigen Spiegel ins Auge gelangt. Bei senkrechter Haltung der Spiegelkombination erscheinen die lotrecht ausgesteckten Stäbe lotrecht und der eine in der Verlängerung des andern. Dass der Punkt P der Scheitel eines rechten Winkels ist mit den Schenkeln nach S_1 und S_2 und zwar unabhängig von den Einfallswinkeln des Strahls S_2, folgt sofort aus den Reflexionsgesetzen des Lichts.



Ausser den Gegenständen, die, wie S_2, doppelt gespiegelt sind, erblickt das Auge auch Bilder von nur in einem der Spiegel gespiegelten. Durch kleine Drehung des Winkelspiegels, woran letztere teilnehmen, erstere aber nicht, lassen sich diese falschen Bilder leicht ausscheiden. An der Handhabe des Winkelspiegels kann gewöhnlich ein Senkel zur Projektion des Schnittpunkts P der Strahlen auf den Erdboden angebracht werden. Die Prüfung des Winkelspiegels erfolgt in gleicher Weise wie die der Winkeltrommel, und zur Ermöglichung seiner Verbesserung dient eine an dem einen Spiegel angebrachte Zug- und eine Druckschraube.

Das Winkelprisma hat vor dem Winkelspiegel die Vorzüge geringerer Grösse, daher besserer Handlichkeit, und hellerer Bilder. — Es ist ein Glasprisma mit einem gleichschenklich rechtwinkligen Dreieck als Querschnitt. Fällt Licht von einem Objekt S_1 (Fig. 10) auf die eine Kathetenfläche des Prismas, so wird es gebrochen nach b auf der zweiten Kathetenfläche, dort total reflektiert nach c auf der Hypotenusenfläche, wieder reflektiert nach d, wo es mit einer zweiten Brechung austritt. Nach den Brechungs- und Reflexionsgesetzen bildet der austretende, zweimal gebrochene und zweimal reflektierte Strahl mit der Verlängerung des eintretenden Strahls S_1e_1, ganz unabhängig von dessen Richtung, einen rechten Winkel. Bringt man also das Auge nach e, und steht in der Richtung de des austretenden Strahls ein Objekt S_2, nach welchem hin man über oder unter dem Prisma hinweg visiert, so beweist die Koincidenz von S_2 mit dem im Prisma gesehenen S_1, dass sich das Auge im Scheitel eines rechten Winkels befindet, dessen Schenkel durch S_1 und S_2 gehen. Man kann demnach auf der gegebenen Geraden S_1e ein Lot errichten, wenn man im Prisma das Bild von S_1 aufsucht und darauf einen Gehilfen mit einem Stab S_2 derart einwinkt, dass der direkt gesehene Stab S_2 in der Verlängerung von S_1 erscheint. Man sehe hierbei immer möglichst nahe am Scheitel des spitzen linksseitigen Prismenwinkels vorbei und überzeuge sich durch kleine Drehung des Prismas um seine Axe, dass sich



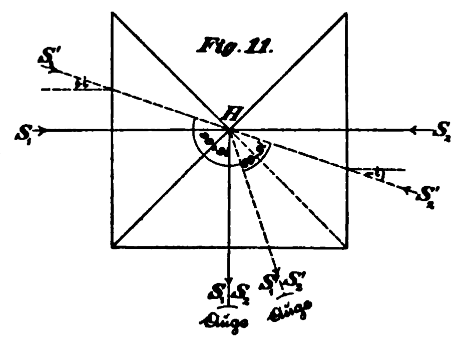
das Bild von S_1 nicht mitdreht. Das Prisma sitzt in einem prismatischen Metallgehäuse, das nur die Kathetenflächen freilässt und an der Grundfläche eine Handhabe trägt.

Das Winkelprisma bedarf so wenig eines Stativs wie der Winkelspiegel und bleibt, einmal richtig geschliffen, stets richtig, zeichnet sich also auch hierdurch vor dem öfters zu prüfenden Winkelspiegel aus.

Zur Fällung eines Perpendikels von einem gegebenen Punkt auf eine gegebene Gerade ist die Winkeltrommel (Kreuzscheibe) unbequem, weil bei Aufsuchung des Fusspunkts häufige Versetzung des Stativs und Einrichtung der einen Diopterebene in die Gerade nötig ist. Geht man dagegen mit dem Winkelspiegel oder -Prisma längs der durch mindestens drei Stäbe abgesteckten Geraden so, dass man immer zwei der Stäbe in Deckung halten kann, und visiert diese direkt an, während der den gegebenen Punkt bezeichnende Stab oder das Objekt im Spiegel oder Prisma aufgesucht wird, so ist der Fusspunkt des Lots rasch gefunden. Wenn er in die Verlängerung der Geraden fällt, genügt natürlich ihre Bezeichnung durch zwei Punkte.

Diese genügt stets, wenn man auf das Winkelprisma ein zweites gleiches so legt, dass seine Hypotenusenfläche senkrecht auf der des ersten steht, während eine Kathetenfläche genau die Fortsetzung einer solchen des ersten nach oben bildet. Ein solches Bauernfeind'sches Prismenkreuz befindet sich in einer metallischen, unten mit einem Griff versehenen Fassung, welche nur die vier Kathetenflächen freilässt. Die Kombination der beiden Prismen dient zur Einrichtung des Beobachters in die Gerade, als auch zur Absteckung einer Geraden, und wird mit Vorteil zu diesem Zweck namentlich dann angewendet, wenn die Endpunkte der abzusteckenden Geraden unzugängliche Punkte sind. Jedes Prisma für sich allein dient dagegen zum Abstecken des rechten Winkels, also zum Errichten oder Fällen eines Lots.

Die Möglichkeit, mit dem Prismenkreuz zwischen zwei Punkte weitere einzuschalten, d. h. Winkel von 180^0 abzustecken, folgt aus dem leicht zu beweisenden Satze, dass ein Lichtstrahl, der auf eine Kathetenfläche eines rechtwinklig gleichschenkligen Prismas unter dem Winkel i auffällt und, von der Hypotenuse reflektiert, durch die andere Kathetenfläche austritt, aus seiner Richtung um einen Winkel abgelenkt wird, dessen Grösse gleich $90^0 \pm$ 2mal dem Einfallswinkel i ist. Stehe z. B. das Prisma auf der Verbindungslinie der Punkte S_1 und S_2 (Fig. 11) so, dass das von diesen kommende Licht — S_1 sendet nur in eine Kathetenfläche des einen, S_2 nur in eine des anderen Prismas Licht — senkrecht auf die Katheten trifft, so wird, da $i = o$, jeder Strahl um 90^0 abgelenkt, und einem in die beiden übereinander liegenden Kathetenflächen blickenden Auge fallen also die Bilder von S_1 und S_2 zusammen (das eine liegt senkrecht über dem anderen). Dreht man nun das Prisma etwas um die Schnittlinie H der Hypotenusenflächen[1]), so entfernen sich die Einfallslote auf den Kathetenflächen nach entgegengesetzten Richtungen von den Strahlen, der Einfallswinkel ist also an der einen Fläche $+ i$, an der anderen $- i$ gleich zu setzen, und die Ablenkung ist für den von S_1 kommenden Strahl $90^0 + 2i$, für den von S_2 kommenden $90^0 - 2i$, die durchge-



1) In der Figur ist der leichteren Zeichnung halber die Linie S_1S_2 gedreht und das Prisma festgehalten. Der Weg der Strahlen ist aus demselben Grunde vereinfacht gezeichnet.

gangenen Strahlen sind also parallel geblieben, und die Bilder von S_1 und S_2 decken sich auch jetzt noch.

Kriterium dafür, dass sich das Prismenkreuz in einem Punkt der Geraden S_1S_2 befindet, ist also die von der Grösse von i unabhängige Deckung der beiden Bilder.

Um einen Punkt der Geraden aufzusuchen, bewege man sich in etwa senkrechter Richtung zu ihr. Bei Annäherung an die Gerade nähern sich die Bilder der beiden Endpunkte, bei Entfernung gehen sie auseinander. Zur Fällung eines Lots auf die Gerade benutzt man eins der beiden Prismen und überzeugt sich durch Schauen in beide Prismen, dass der Lotpunkt auch der Geraden angehört. Den Durchschnittspunkt zweier nur durch ihre Endpunkte bezeichneten Geraden ermittelt man mit dem Prismenkreuz, indem man zuerst einen Punkt der einen aufsucht und nach Bezeichnung desselben in der Richtung der ersten Geraden sich auf die zweite zu bewegt.

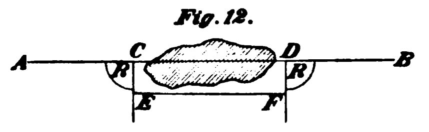
Bilden die Bilder zweier lotrechter Stäbe bei senkrechter Haltung des Kreuzes eine geknickte Linie, so sind die Kanten der beiden Prismen nicht parallel. Dieser Fehler, sowie auch eine nicht senkrechte Stellung der Hypotenusenflächen zu einander, die durch eine Ausweichung des mit dem Kreuz eingeschalteten Punkts aus der Geraden angezeigt wird, ist mittelst Korrektionsschräubchen leicht zu beseitigen.

§ 11. Indirekte (mittelbare) Längenmessungen mit Hilfe der Instrumente zum Abstecken konstanter Winkel. Die Ausmessung einer Linie heisst eine direkte, wenn sie durch Auflegen und Aneinanderreihen von Längenmesswerkzeugen auf der Linie ausgeführt wird. Sie wird dagegen eine indirekte oder mittelbare genannt, wenn eine oder mehrere zu der gesuchten in geometrischer Beziehung stehende Linien resp. auch noch Winkel ausgemessen und aus diesen die Länge der gesuchten berechnet wird. Im allgemeinen — nicht immer — ist das Resultat einer direkten Messung genauer als das einer indirekten.

Die Ausführung mittelbarer Linienmessungen wird durch eine Reihe später zu besprechender Instrumente (Theodolit, Distanzmesser etc.) aber auch schon durch die Längenmesswerkzeuge allein oder durch diese in Verbindung mit den Apparaten zur Absteckung konstanter Winkel ermöglicht.

Eine mittelbare Ausmessung einer Geraden wird zur Notwendigkeit, wenn sie unzugängliche Zwischenpunkte — bebautes Land, Wald, Gebäude — hat oder wenn sie einen oder auch zwei unzugängliche Endpunkte — in sumpfigem Terrain, oder durch Wasserlauf vom Beobachter getrennt — besitzt. Die Methode der Messung ist in jedem der drei Fälle eine andere, und sie richtet sich weiter auch danach, ob man längs der gesuchten Linie visieren d. h. sie abstecken kann oder nicht (Wald, Gebäude).

Denn im letzteren Falle ist die Anlegung eines rechten Winkels an die Gerade nicht möglich.



Zur Illustrierung dieser mit den einfachsten instrumentellen Hilfsmitteln ausführbaren indirekten Längenmessungen genüge die kurze Angabe nur einiger Lösungen für verschiedene mögliche Fälle.

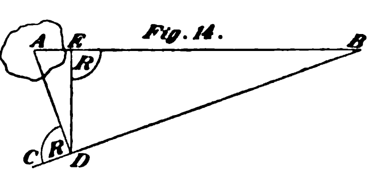
Fig. 13.

1) Unzugängliche Zwischenpunkte, freie Visur (Fig. 12). Anlegung von rechten Winkeln an die Gerade AB in den Punkten C und D, Abtragung von gleichen Längen CE = DF auf den Senkrechten und Ausmessung von EF statt des Stücks CD. Oder auch Errichtung der Senkrechten in A und B (statt in C und D) und Parallelverschiebung der ganzen Länge AB.

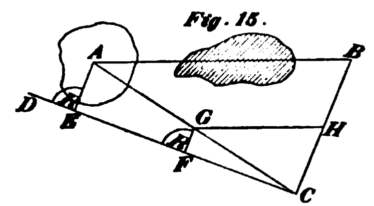
2) Unzugängliche Zwischenpunkte, verdeckte Visur (Wald) (Fig. 13). Absteckung

einer an dem Visurhindernis vorbeiführenden Geraden AC und Fällung eines Lots BD. $AB = \sqrt{\overline{AD}^2 + \overline{BD}^2}$.

3) Ein unzugänglicher Endpunkt, freie Visur. (Fig 14.) Absteckung der Geraden BD, Fällung der Lote AD und DE. $AB = BD \cdot \frac{BD}{BE}$. BD ist möglichst gross zu nehmen, so dass der unechte Bruch $\frac{BD}{BE}$ nur wenig von der Einheit abweicht.



4) Ein unzugänglicher Endpunkt, verdeckte Visur (Wald) (Fig. 15). Aufsuchung eines Punkts C, von dem aus die Endpunkte A und B sichtbar sind. Absteckung von AC und BC. Direkte Teilung von BC, indirekte von AC (durch Absteckung von CD, Fällung des Lots AE, Teilung von EC, Errichtung des Perpendikels FG), Ausmessung von GH. $AB = n \cdot GH$, wo n das Teilungsverhältnis von EC und BC.



§ 12. **Kleinvermessung (Stückvermessung) nach der Normalen-(Koordinaten-) Methode.** Die Vermessung kleiner Flächen stützt sich in der Regel auf eine vorhergegangene Vermessung eines grösseren Gebiets, sie erfolgt gewöhnlich im Anschluss an das trigonometrische und polygonometrische Netz, dessen Legung erst später, § 30 u. ff., besprochen wird. Hier soll sie selbständig behandelt werden, da sie keine anderen instrumentellen Hilfsmittel, als die schon bekannten, erfordert.

Bedingung für die Anwendung der Koordinatenmethode ist Betretbarkeit der Fläche und möglichst freie Visur auf ihr. Ihre Breite soll, weil die auf ihr zu fällenden Lote in der Regel nicht über 50 m lang genommen werden dürfen (wegen der sonst zu unscharfen Bestimmung des Fusspunkts), nicht über 100 m sein. Ist sie grösser, so teilt man die Fläche durch gerade Grenzlinien in Streifen von passender Breite ein.

Die Methode besteht darin, dass man eine Gerade absteckt, von welcher die aufzunehmenden Punkte sämtlich weniger als 50 m entfernt liegen. Sie heisst die **Basis der Vermessung, Abscissen- oder Vermessungsaxe.** Von allen bemerkenswerten Punkten der Fläche aus fällt man Lote auf die Basis und nennt deren Längen die **Ordinaten** und den Abstand der Fusspunkte von einem passend gelegenen Anfangspunkt auf der Basis die **Abscissen** der Punkte. **Abscissen und Ordinaten** heissen die **Koordinaten.**

Fig. 16.

Den Anfangspunkt O wählt man so, dass alle Fusspunkte nach derselben Seite liegen (rechts), wodurch alle Abscissen x das gleiche (positive) Vorzeichen erhalten. Die Ordinaten y zählen positiv, wenn sie nach der einen, negativ, wenn sie nach der anderen Seite der Basis fallen.

Ueber die günstigste Lage der Basis giebt eine rohe Aufnahme, der **Handriss,** Aufschluss. Man zeichne die Brechungswinkel der Grenzlinien der Fläche, indem man sie umschreitet, nach dem Augenmass und trage deren Längen nach dem Schrittmass auf. In den so erhaltenen Handriss wird die Basis in der passenden Lage eingezeich-

net, die Lote von den Grenzpunkten und sonstigen Punkten des Innern aus auf sie gefällt, und die auf dem Felde gemessenen Abscissen- und Ordinatenwerte an den Endpunkten ihrer Lote in den Handriss, so wie die Figur 16 angiebt, ausserdem aber auch noch in eine Tabelle eingeschrieben.

Die Herstellung des Situationsplans geschieht so, dass zuerst die Basis gezeichnet und auf ihr alle gemessenen Abscissen mittelst Zirkels und verjüngten Massstabs aufgetragen werden.

Die Ordinaten werden mit Hilfe eines rechten Winkels angetragen. Einfacher ist die Benutzung von Papier mit zwei sich kreuzenden feinen Liniennetzen (Koordinaten- oder Millimeterpapier). Zur Kontrolle misst man ausser den Koordinaten der Punkte auch noch einige Grenzseiten oder Diagonalen, deren Länge mit der aus den Koordinaten berechneten Länge — z. B. Entfernung der Punkte 3 und 7 gleich $\sqrt{(x_3 - x_7)^2 + (y_3 - y_7)^2}$ — und auch mit der aus dem Plan zu entnehmenden übereinstimmen muss.

Die Fläche zerfällt durch die Lote in rechtwinklige Dreiecke und Paralleltrapeze, deren Grösse sich aus den Koordinaten berechnet. Den Inhalt F der Fläche erhält man deshalb, wie leicht zu erweisen für jede beliebige Lage der Basis auf oder ausserhalb der Fläche, nach einer der vier Formeln — wenn $n-1$, n, $n+1$ die Bezeichnungen dreier in der Uhrzeigerrichtung aufeinanderfolgenden Grenzpunkte sind — aus den Koordinaten der Eckpunkte.

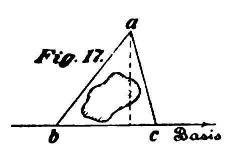
$$F = \frac{1}{2}\sum\left\{\left(x_{n+1} - x_n\right)\left(y_{n+1} + y_n\right)\right\}$$

$$F = -\frac{1}{2}\sum\left\{\left(y_{n+1} - y_n\right)\left(x_n + x_{n+1}\right)\right\}$$

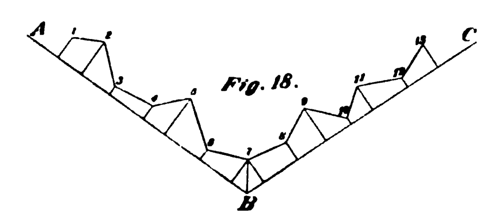
$$F = \frac{1}{2}\sum\left\{y_n\left(x_{n+1} - x_{n-1}\right)\right\}$$

$$F = -\frac{1}{2}\sum\left\{x_n\left(y_{n+1} - y_{n-1}\right)\right\}$$

Wenn die Fällung der Lote aus einzelnen Punkten der Grenze oder des Flächeninnern auf die Basis wegen irgend eines Hindernisses nicht möglich ist, so kann man den Punkt durch eine Dreieckskonstruktion an die Basis anbinden. Man steckt Fig. 17 von a aus an dem Hindernis vorüber zwei Gerade ab und ac nach der Basis ab, misst sie sowie bc aus und bestimmt auch die Entfernung des b oder c, xb oder xc vom Anfangspunkt der Basis. Dann lässt sich a durch Kreisbogenschnitt in den Plan eintragen, und auch die Ordinate und Abscisse von a bestimmen.



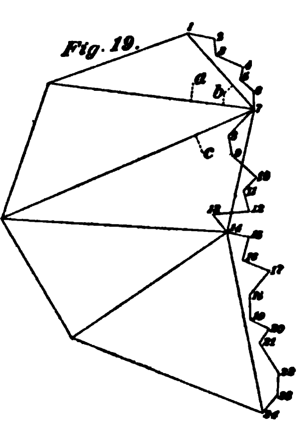
Wird bei zu grosser Breite der aufzunehmenden Fläche ihre Teilung in Streifen nötig, so sind deren Vermessungslinien mit einander zu verbinden (an einander anzubinden) derart, dass für drei oder mehr Punkte der zweiten Linie die Koordinaten in Bezug auf die erste gemessen werden. Sind die Grenzlinien der Fläche an Zahl sehr gross (Fig. 18) oder sind sie krummlinig, so legt man um die Fläche ein möglichst eng anschliessendes Vieleck mit einer geringeren Zahl von Seiten und nimmt zunächst nur dieses nach der Koordinatenmethode auf. Die Flächenstreifen zwischen seinen Seiten AB, BC, . . . und denen des gegebenen Vielecks 1, 2 — 2, 3 — . . . werden darauf ebenfalls nach der Koordinatenmethode aufgenommen, wobei die Seiten AB, BC . . .



des umschriebenen Vielecks als ebensoviele Vermessungsaxen für die benachbarten Punkte des gegebenen dienen. Bei krummliniger Begrenzung der Fläche teilt man am besten die Basis in gleiche Teile ein, weil sich die Fläche des Randstücks dann einfach als das halbe Produkt aus einem solchen Teil in die Summe der Ordinaten berechnet. Selbstverständlich können die Seiten des Hilfsvielecks auch innerhalb des gegebenen oder teils innerhalb, teils ausserhalb liegen. Die gesuchte Flächengrösse ergiebt sich jedenfalls als Summe der Fläche des Hilfsvielecks $\pm$ der Fläche der Randstücke.

Die Aufnahme eines Wasserlaufs oder eines Wegs erfolgt in ganz der gleichen Weise, wie die Polygonaufnahme durch Absteckung von Vermessungslinien neben dem Wasserlauf oder auf dem Wege und durch Konstruktion der Lote auf dieselben von den Ufern des Wassers oder den Strassenseiten aus.

§ 13. Stückvermessung mit Hilfe eines Liniennetzes. (Diagonalmessungen.) Ein Dreieck ist durch die Längen seiner drei Seiten bestimmt. Da man aber ein jedes Vieleck in Dreiecke zerlegen kann, so lässt sich also auch ein Vieleck allein durch Längenmessungen aufnehmen. Die Fläche erhält man als Summe aller Dreieckflächen, deren jede aus den gemessenen drei Seiten ABC nach der Formel



$$f = \sqrt{S(S-A)(S-B)(S-C)}, \text{ wo } S = \frac{A+B+C}{2}$$

zu berechnen ist.

Die Methode wird gewöhnlich mit der Koordinatenmethode kombiniert, indem das um- oder eingeschriebene Hilfs-Vieleck (§ 12) mittelst Zerlegung in Dreiecke (Fig. 19), die Randstücke 123 .... aber, sowie etwaige Punkte abc... im Innern des Polygons durch Messung der Koordinaten aufgenommen werden, wobei eine benachbarte Dreieckseite als Abscissenaxe dient.

§ 14. Stückvermessung bei beschränkter Zugänglichkeit oder Visur. Die Methode des § 13 ist nur bei gut zugänglichen Flächen und freien Visuren anwendbar (abgeholzte Flächen und Wiesen oder Aecker innerhalb der Waldungen); und auch die Koordinatenmethode ist nur sehr eingeschränkt zu gebrauchen, sobald die obigen Bedingungen fehlen. Immerhin kann man sie auch dann noch zur Aufnahme der Randstücke anwenden, wenn man ein Rechteck oder ein Fünfeck mit drei rechten Winkeln um das aufzunehmende Vieleck legt, denn deren Fläche ist auch ohne Zerlegung in Dreiecke und ohne Winkelmesser bloss aus ihren Seiten berechenbar. Ist die Legung eines Rechtecks oder Fünfecks um das unzugängliche Vieleck nicht möglich, etwa weil die Umgebung des Polygons nicht betreten werden darf oder weil sie keine freien Visuren bietet, so ist die Aufgabe mit den bis jetzt beschriebenen Instrumenten unlösbar.

Eine solche Vermessungsart kann sehr wohl bei Aufnahme isolierter Holzparzellen vorkommen, indem man ausserhalb des Umfangs derselben eine der angegebenen Hilfsfiguren festlegt (Perimetermethode).

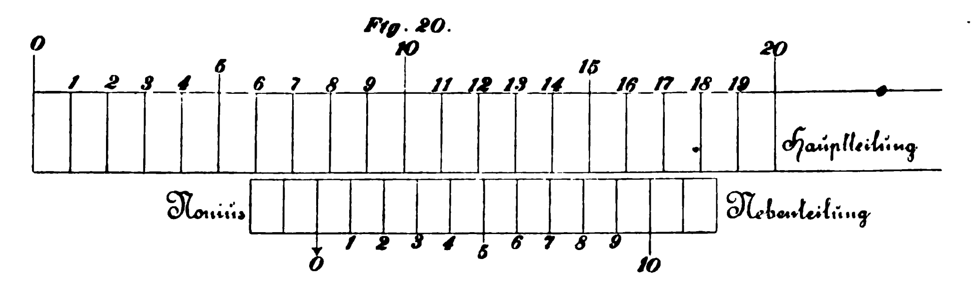
§ 15. Bestandteile feinerer Messinstrumente. Die Instrumente zur genaueren Messung von Längen und Winkeln sind mit gewissen Vorrichtungen oder Hilfsinstrumenten ausgestattet, von deren exakter Ausführung die präzise Messung der Längen und Winkel wesentlich abhängt.

a) Der Nonius. Die genaue Messung einer Länge oder eines Winkels erfor-

dert einmal eine fehlerfreie, sodann eine sehr weitgehende Teilung des Längenmassstabs oder des winkelmessenden Kreises. Beides sind unsere heutigen Teilmaschinen zu leisten imstande. Einer zu weitgehenden Teilung der Längen- und Winkeleinheit steht aber das Unterscheidungsvermögen unseres Auges im Wege, das zwei um etwa $^1/_{15}$ mm linear entfernte Teilstriche nicht mehr als getrennte erkennt. Man teilt jedoch im allgemeinen nicht bis zu dieser Grenze, sondern bleibt bei einer Entfernung von etwa $^1/_4$ mm stehen und bestimmt kleinere Teile der Länge oder des Winkels mit Hilfe eines Nonius oder Ablesemikroskops. Da letzteres nur bei sehr teuren, in der forstlichen Praxis kaum angewandten Instrumenten vorhanden ist, so sei von seiner Beschreibung abgesehen.

Der Nonius ist eine kurze Nebenteilung, und längs des Randes des Massstabs, der Hauptteilung, verschiebbar. Bei einem Längenmass ist der Nonius also ebenfalls linear, bei einem Winkelmass dagegen ein mit der Kreisteilung konzentrisches Kreisbogenstückchen. Die Einteilung des Nonius ist derartig, dass n seiner Teile gleich n — 1 oder n + 1 Teilen der Hauptteilung sind. (Nachtragender und vortragender Nonius.) Der erste Fall ist die bei geodätischen Instrumenten fast ausnahmslose Regel, es ist dann die Nebenteilung in der gleichen Richtung wie die Hauptteilung beziffert. Die Bezifferung beginnt mit Null. Vor dem ersten (Null-)Strich und nach dem letzten mit einer Ziffer versehenen Strich sind meist noch wenige Striche angebracht, die Ueberteilung, deren Zweck später auseinandergesetzt werden soll.

Bei Ingebrauchnahme einer mit Nonius versehenen Teilung — es sind bei unsern Instrumenten fast ausschliesslich Kreisteilungen — überzeuge man sich zuerst, welches der kleinste auf ihr, der Hauptteilung, bezeichnete Winkelwert ist. Dann stelle man behufs Ermittelung der Angabe des Nonius den Nullstrich des Nonius auf einen der Hauptteilstriche (z. B. auf Null) ein und sehe nach, wie viele Teile der Kreisteilung die Länge der Noniusteilung (vom Nullstrich bis zum letzten bezifferten Strich einnimmt. Ihre Zahl ist beim nachtragenden Nonius um eins kleiner, als die der Noniusteile n, also n — 1. Bezeichnet dann H den Wert eines Hauptteils, N den eines Noniusteils, so ist ihr Unterschied $H - N = H - \frac{n-1}{n} H = \frac{1}{n} H$, und heisst die Angabe A des Nonius. Ist z. B. $H = 20'$, $n = 20$, so ist $\frac{1}{n} H = 1'$, und bis auf diese Grösse genau lässt sich dann die Winkelablesung machen. Man achte darauf, immer alle zwischen Null- und Endstrich des Nonius liegenden Noniusteile zu zählen, denn



gewöhnlich bezieht sich die Nummerierung des Nonius nicht auf alle, sondern nur auf die längsten seiner Teilstriche. Bei z. B. 60 Noniusteilen und $H = 20'$ wäre $A = \frac{1}{60} \cdot 20' = 20''$. Die 60 Noniusteile seien aber in Gruppen von je dreien angeordnet und nur diese Gruppen sind dann mit Ziffern versehen. Lässt man also die Unterteilung

der Gruppen ausser acht, so gestattet der Nonius nur eine Genauigkeit der Ablesung bis auf $3 . 20'' = 1'$, berücksichtigt man sie, so steigt die Genauigkeit auf $20''$.

In der Figur 20 ist $n = 10$, der Wert eines Hauptteils des linearen Massstabs $= 5$ mm, die Angabe des Nonius also $\frac{1}{10} . 5$ mm $= 0{,}5$ mm. Die Marke für die Ablesung einer mit Nonius versehenen Teilung ist immer der Nonius-Nullstrich, der hier zwischen 7 und 8 steht, also die Ablesung 35—40 mm giebt. Zur Bestimmung der Länge zwischen Strich 7 der Hauptteilung und Null des Nonius sehe man jetzt nach, welcher Strich des Nonius mit einem der Hauptteilung koinzidiert. Ist es der 7., so hat man 7mal der Noniusangabe A, also $7 . 0{,}5 = 3{,}5$ mm noch zu 35 mm zu addieren, erhält also als Ablesung 38,5 mm. Denn der 6. Noniusstrich steht dann um A von dem ihm links benachbarten der Hauptteilung entfernt, der 5. von dem ihm benachbarten um 2. A, schliesslich der Nullte um 7 . A.

Gleich grosse Abstände je zweier Nachbarstriche der Haupt- und Nebenteilung müssen auch nach der rechten Seite sich finden, wenn der 7. Noniusstrich genau mit einem Strich der Hauptteilung koinzidiert. Ist das nicht ganz scharf der Fall, so zeigt sich kein zu diesem Strich nach beiden Seiten symmetrisches Bild. Diese Symmetrie dient darum als Kriterium scharfen Zusammenfallens, und um dieses Kriterium nicht entbehren zu müssen, wenn ein dem Anfang oder Ende der Noniusteilung sehr naher Strich koinzidiert, dazu ist die Ueberteilung vorhanden.

Fig. 21.

Im allgemeinen wird nun überhaupt k e i n Noniusstrich mit einem der Hauptteilung g a n z s c h a r f koinzidieren, wie in der Figur 21 deutlich zur Anschauung gebracht ist. Die Koinzidenz würde da z w i s c h e n 6 und 7 erfolgen, und deshalb liegt die Ablesung zwischen den Grenzen 38,0 und 38,5, näher an dem einen oder anderen Wert, je nachdem 6 oder 7 besser koinzidiert.

Da Haupt- und Nebenteilung sich nie vollkommen dicht aneinander legen und niemals sich in genau der gleichen Ebene befinden, so liest man leicht mit P a r a l l a x e ab, d. h. bei verschiedener Richtung des Anvisierens der Teilungen, z. B. einmal von rechts, dann von links, sieht man verschiedene Teilstriche zur Koinzidenz kommen. Man sehe, um die Parallaxe nach Möglichkeit zu vermeiden, immer derart durch die Lupe nach den Teilungen, dass die beiden etwa zusammenfallenden Teilstriche die M i t t e des Gesichtsfeldes einnehmen.

b) D i e L i b e l l e dient zum Horizontalstellen von Linien und Ebenen und wird in der Form der R ö h r e n- und der D o s e n l i b e l l e benutzt. Sie führt auch den Namen Wasserwage, aber zu ihrer Füllung dient jetzt niemals mehr Wasser mit einer Luftblase darüber, sondern der leichter an Glas verschiebbare Aether (oder eine andere leicht bewegliche Flüssigkeit), über dem sich mit Ausschluss von Luft nur Flüssigkeitsdampf befindet.

Das Gefäss der Röhrenlibelle hat eine tonnenförmige Gestalt; man denke sich eine zuerst kreiscylindrische Glasröhre, deren innere Form durch Ausschleifen zu einem Rotationskörper gemacht wurde, entstanden durch die Rotation eines flachen Kreisbogenstücks acb um die Axe A der Röhre (Fig. 22). Letztere oder die Sehne ab des Kreisbogens heisst die A x e d e r L i b e l l e. Für gewöhnlich genügt das tonnen-

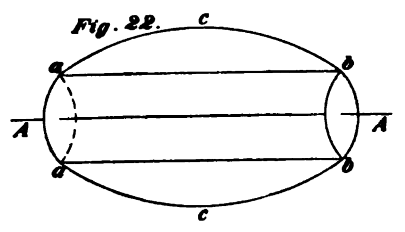
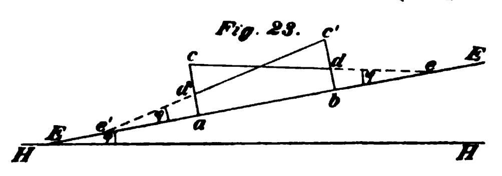


Fig. 22.

förmige Ausschleifen der oberen Seite des Röhreninnern; die Zeichnung giebt das Gefäss einer seltener gebrauchten Form, der Reversionslibelle, wieder. Das Glasgefäss der Libelle ist mit einem Metallmantel umgeben, welcher nur an der oberen Seite (bei der Reversionslibelle auch unten) einen breiten Schlitz hat. Die Glasröhre ist längs desselben mit einer Teilung versehen. Mit dem Metallmantel steht in korrigierbarer Verbindung ein Lineal oder Stützen, mit welchen die Libelle auf der horizontal zu stellenden Linie oder Ebene ruht.

Nehmen wir zuerst an, die Lage der Glasröhre in der Fassung und die Konstruktion der Stützen sei derart, dass die Axe AA der Libelle derjenigen Linie oder Ebene auf der sie steht, und welche horizontal gestellt werden soll, parallel liegt. Dann ist, nach hydrostatischen Gesetzen, die Linie horizontal, sobald die Blase der Libelle die Mitte ihrer Teilung einnimmt, und die Ebene, sobald das Gleiche auch in einer zweiten die erste kreuzenden Linie beobachtet wird.

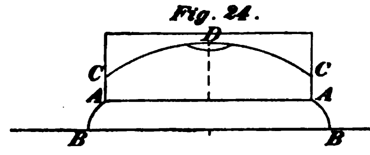
Die Voraussetzung des Parallelismus von Libellenaxe und Unterlage ist aber im allgemeinen nicht genau erfüllt, die Libelle ist nicht justiert. Dann aber wird die Blase die Mitte einnehmen können (einspielen), trotzdem die Unterlage nicht horizontal ist (Fig. 23). HH = Horizont. EE = horizontal zu stellende Ebene, abcd = Libelle mit der Axe cd. Diese ist horizontal (und die Libelle spielt ein), wenn sie den gleichen Winkel φ mit der Ebene bildet, wie die Ebene mit dem Horizont.



Dreht man aber die Libelle um 180°, „setzt man sie um", so dass die Axe der Libelle aus der Lage cd in die Lage d'c' übertritt, dann ist die Axe jetzt um 2 φ gegen den Horizont geneigt, und die Blase zeigt eine dem doppelten Winkel 2φ entsprechende Ausweichung aus der Mitte. Nun drehe man die Ebene EE so lange, bis die Ausweichung der Libelle auf die Hälfte zurückgegangen ist, so liegt EE horizontal, die Blase steht aber seitlich von der Mitte, und diese Stellung behält sie auch bei, wenn man die Libelle um 180° zurückdreht.

Das Kriterium für die Horizontalität der Linie oder Ebene ist also, dass die Blase in zwei um 180° verschiedenen Stellungen der Libelle die gleichen Teilstriche einnimmt, die aber nicht notwendig die mittleren zu sein brauchen und es tatsächlich auch in den seltensten Fällen sind. Will man dies erreichen (die Libelle justieren), d. h. die Axe der Libelle genau parallel der untergelegten Ebene machen, so wirkt man, nachdem, wie oben gezeigt, die Ebene E horizontal gemacht ist, an den Korrektionsschräubchen der Libelle so lange, bis die Blase genau in die Mitte tritt.

Statt eine Ebene durch Horizontieren erst einer und darauf einer zweiten, sie kreuzenden Richtung horizontal zu stellen, kann man auch zwei kleine Röhrenlibellen fest unter einem Axenwinkel von 90° mit einander verbinden (Kreuzlibelle) und ihre beiden Blasen gleichzeitig zum Einspielen bringen. Gewöhnlich wird zum (raschen und nur wenig genauen) Horizontieren von Ebenen die Dosenlibelle gebraucht.



Das Gefäss der Dosenlibelle (Fig. 24) ist ein flacher Metall-Cylinder, dessen untere metallische Grundfläche AA, ev. auch nur ein dem Umfang sich anschliessender Ring BB eben geschliffen ist und eine kleine Oeffnung zum Einfüllen der Flüssigkeit trägt. Oben ist der Cylinder durch ein auf der Unterfläche sphärisch geschliffenes Glas CC geschlossen. Der durch die Mitte des Glasdeckels gehende Kugelradius DD soll auf der unteren Grundfläche des Cylinders senkrecht stehen.

Dann muss die Blasenmitte in der Mitte des Glasdeckels als in dem höchsten Punkte sich befinden, sobald die Libelle auf *horizontaler* Fläche steht. Um diesen Mittelpunkt sind meist einige konzentrische Kreise auf dem Glasdeckel gezeichnet. Eine Dosenlibelle prüft man, indem man sie auf eine mit Röhrenlibelle gut horizontal gestellte, vollkommen ebene Fläche setzt. Wenn dann die Mitte der Blase in den Mittelpunkt des Deckels gebracht ist, so muss sie diese Stellung beim Drehen und Versetzen der Libelle auch beibehalten. Die Grösse des Kugelradius beträgt etwa 1 m, und da die Empfindlichkeit einer Libelle mit der Länge des Radius abnimmt, so ist sie bei den Dosenlibellen viel geringer, als bei den Röhrenlibellen, wo der Radius des Kreisbogens oft bis auf mehr als 100 m gebracht wird. Unter der Empfindlichkeit versteht man aber den Winkel (in Sekunden), um welchen die Axe der Libelle gegen die Horizontalebene geneigt werden muss, damit die Blase sich um einen Teilstrich verschiebt. Bei Instrumenten, wie sie bei Messungen in Wald und Feld gebraucht werden, begnügt man sich mit Libellenempfindlichkeiten von 10″ und mehr.

Die Einstellung einer Libellenblase ändert sich bei Erwärmung, namentlich bei einseitiger. Empfindliche Libellen sind deshalb vor Berührung mit der Hand und vor Anhauchen sowie vor direkter Sonnenstrahlung zu bewahren.

c) Die *Lupe* findet bei geodätischen Instrumenten als Mittel zum Erkennen feiner Teilungen Verwendung. Sie wird so nahe der Teilung angebracht, dass diese *innerhalb* der Brennweite und ziemlich nahe dem Brennpunkte der Sammellinse oder der Kombination solcher, welche das optische System der Lupe darstellen, zu liegen kommt. Der Abstand der Teilung vom Brennpunkt soll derartig sein, dass das von der Lupe entworfene virtuelle Bild cd der Teilung ab (Fig. 25) um die deutliche Sehweite des (der anderen Lupenseite dicht angelegten) Auges von diesem absteht. Die Einschaltung der Lupe zwischen Auge und Teilung ermöglicht also, die Teilung in eine kleinere Entfernung vom Auge, als die deutliche Sehweite beträgt, zu bringen und sie dadurch unter grösserem Sehwinkel α, zugleich aber auch deutlich, zu erblicken.

Fig. 25.

Während so die Lupe bei der Beobachtung solcher Gegenstände benutzt wird, die dem Auge beliebig nahe gebracht werden können, dient das Fernrohr dem Zweck, entfernte Gegenstände, deren Abstand vom Beobachter nicht beliebig verkürzt werden kann, vergrössert und deutlich zu sehen.

d) *Das Fernrohr* der geodätischen Apparate ist ein astronomisches, es besteht also aus einer Sammellinse, dem Objektiv, welches von dem Gegenstand ein reelles umgekehrtes Bild entwirft, und aus dem Okular, einem System von meist zwei Linsen, die wesentlich als Lupe wirken, d. h. von dem ersten, reellen Bild ein virtuelles, also umgekehrt bleibendes, vergrössertes Bild liefern. Dieses soll scharf und farbenfrei sein; zur Erfüllung dieser Bedingungen ist die Zusammensetzung des Objektivs aus zwei Linsen, einer Sammel- und einer Zerstreuungslinse aus verschiedenen Glassorten unumgänglich. Die beiden Linsen, welche das Okular bilden, pflegt man als Kollektivglas und Augenglas zu bezeichnen. Verschiedene Okulare unterscheiden sich durch die Stellung der beiden Linsen zu einander und zum reellen, durch das Objektiv entworfenen Bild: beim Ramsden'schen Okular liegt dieses Bild *vor* dem Kollektivglas und wird durch das System von Kollektiv- und Augenglas wie durch eine Lupe betrachtet, beim Huyghens'(oder Campani)schen Okular dagegen liegt das Kollektivglas vor dem Vereinigungspunkt der vom Objektiv kommenden Strahlen, das reelle Bild kommt erst *zwischen* Kollektiv- und Augenglas zustande und wird durch das Augenglas als Lupe betrachtet.

Die Objektivlinse befindet sich fest am einen Ende eines kreiscylindrischen Metallrohrs, in welchem verschiebbar ein zweites mit den Okularlinsen steckt. Von diesen sitzt die Kollektivlinse fest, die Augenlinse kann wenig verschoben werden. Beide Rohre sollen konaxial sein, auf ihrer gemeinsamen Axe sollen die Krümmungsmittelpunkte sämtlicher Linsenflächen liegen (Zentriertes Linsensystem).

Die Okularröhre ist gegen die Objektivröhre so lange zu verschieben, bis das letzte (virtuelle) Bild deutlich gesehen wird, d. h. in die deutliche Sehweite des Beobachters fällt.

Zum Messfernrohr wird das astronomische Fernrohr erst durch Einschaltung eines Fadenkreuzes, das im einfachsten Fall aus zwei auf einen Metallrahmen aufgespannten und sich in dessen Mittelpunkt kreuzenden Spinnwebefäden — statt dieser können auch zwei auf ein dünnes Glasplättchen eingerissene Linien dienen — besteht. Das Fadenkreuz wird an der Stelle angebracht, wo das reelle Bild entsteht also beim Ramsden'schen Okular vor, beim Huyghens'schen hinter der Kollektivlinse. Da das Huyghens'sche Okular bei geodätischen Instrumenten weitaus häufiger verwendet wird, so beziehen wir uns im folgenden auf dieses allein.

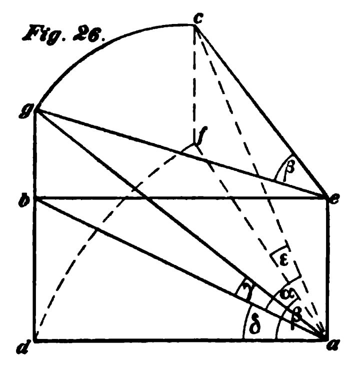
Nach Anbringung des Fadenkreuzes ist nun eine Ziel-(Abseh-, Visier-)Linie festgelegt, nämlich die durch den Schnittpunkt der Fäden und den optischen Mittelpunkt des Objektivs gehende Gerade. Derjenige Punkt des Gesichtsfeldes gilt als der anvisierte, welcher vom Fadenkreuzschnittpunkt gedeckt wird, und dessen Bild keine Verschiebungen gegen diesen erleidet, wenn das Auge des Beobachters sich senkrecht zur Ziellinie vor dem Okular hin und her bewegt. Ein „Tanzen" von Bild und Fadenkreuz würde eine scharfe Visur unmöglich machen, seine Ursache liegt darin, dass die virtuellen, vom Augenglas entworfenen Bilder des Gegenstands und des Fadenkreuzes sich in verschiedener Entfernung vom Auge befinden. Es hört auf, und man sieht zugleich Gegenstand und Fadenkreuz scharf und deutlich, wenn beide Bilder in der deutlichen Sehweite des Auges liegen.

Man verfahre deshalb so, dass man zuerst ein scharfes Bild des Fadenkreuzes — — indem man das Fernrohr nach dem Himmel oder einer weissen Wand richtet — mittelst kleiner Verschiebung der Okularlinse (manchmal ist statt dessen auch der Fadenkreuzrahmen ein wenig verschiebbar) herstellt. Ein scharfes Bild des Gegenstands erhält man sodann durch Verschiebung des ganzen Okularrohrs, während man sich durch Bewegen des Auges zugleich überzeugt, dass Gegenstand und Fadenkreuz nicht tanzen.

Da der Schnittpunkt der beiden Fäden ein kleines Objekt leicht zu stark verdeckt, so verwendet man wohl auch drei sich unter 60° schneidende Fäden, die ein kleines gleichseitiges Dreieck in der Mitte als Visierfläche frei lassen; oder man zieht zwei Fäden sehr nahe einander parallel und lässt sie durch einen dritten Faden (oder durch zwei nahe und parallele Fäden, so dass ein kleines Rechteck in der Mitte liegt) schneiden. Werden ausser den zwei sich kreuzenden Fäden noch zwei weitere in grösserem und gleichem Abstande von dem einen Faden des Kreuzes und diesem parallel eingezogen, so kann diese Anordnung zur Distanzmessung benutzt werden (s. § 20).

§ 16. Der Theodolit. a) Konstruktion. Der zur Messung gestellte Winkel ist im allgemeinen schief, d. h. seine Ebene liegt gewöhnlich nicht horizontal. Eine genaue Messung eines schiefen Winkels lässt sich aber direkt nur schwer ausführen (etwa mit dem Sextant) und wird auch fast nie verlangt. Was man wissen will, ist vielmehr die Projektion des schiefen Winkels bac $= \alpha$ Fig. 26 auf eine Horizontal- oder auf eine Vertikalebene. Wir denken uns durch jeden der Schenkel ab und ac eines Winkels α die Vertikalebene gelegt. adbe liege in der Ebene des Papiers, afce hinter derselben, afd ist die durch den Winkelscheitel a gelegte Horizontalebene. Der Winkel β

der beiden Vertikalebenen ist dann die **Horizontal**projektion des Winkels α, d. h. der Winkel, um welchen ich die Vertikalebene afce des einen Winkelschenkels ac um die durch den Scheitel gehende Vertikallinie ae drehen muss, damit sie in die Ebene adbe des anderen Schenkels ab fällt. In dessen Vertikalebene nimmt der Schenkel ac nun die Lage ag ein. Der zwischen ag und ab liegende Winkel γ ist die Projektion des Winkels α auf die **Vertikal**ebene. Durch Angabe der beiden Projektionen β und γ ist, wenn die Lage des einen Winkelschenkels gegeben, die des andern im Raume vollkommen bestimmt. Der Theodolit gestattet die Messung von β und von γ in der vollkommensten Weise, ist also eingerichtet zum Messen von Horizontalwinkeln β wie zur Messung von Höhenwinkeln (Winkeln über oder unter dem Horizont) ε und δ, deren Differenz $\varepsilon - \delta = \gamma$ ist. Manchmal fehlt indessen die Vorrichtung zum Messen der Höhenwinkel, der (auch sonst einfacher gebaute) Theodolit dient dann ausschliesslich zu Messungen im Horizont. Der vollständige Theodolit aber besitzt **zwei** geteilte Kreise, einen, welcher bei den Messungen genau horizontal steht und deshalb Horizontalkreis oder Limbus heisst, und einen anderen, dessen Ebene auf der des ersten senkrecht steht, den Vertikal- oder Höhenkreis. Zu diesen beiden Kreisen tritt als wesentlicher Bestandteil des Theodolits ein Fernrohr mit Fadenkreuz zum Anvisieren der Winkelschenkel.



Diese wesentlichen sowie die Nebenteile (Libellen, Nonien etc.) werden von einem metallischen Unterbau getragen, der auf drei mit Stellschrauben ausgerüsteten Füssen steht. Der Horizontalkreis (Limbus) liegt der oberen Fläche dieses Unterbaus auf, senkrecht zu dessen vertikaler Symmetrieaxe. Innerhalb des Limbus liegt, dicht an diesen anschliessend, der Zählkreis, die Alhidade, welche an ihrem Umfang den Nonius (meist sind es zwei, diametral gegenüberstehende) trägt. Sie ist drehbar um eine durch ihren (und des Limbus) Mittelpunkt gehende und auf deren Flächen senkrecht stehende Axe, welche zugleich die vertikale Symmetrieaxe des Unterbaues ist. Bei neueren Theodoliten liegen häufig die Kreisteilung des Limbus und die Nonien der Alhidade auf dem nur wenig gegen den Horizont geneigten Mantel eines Kreiskegels, um dessen Axe dann die Drehung der Alhidade erfolgt. Diese Einrichtung erleichtert das Ablesen der Teilung.

Die Alhidade ist gegen den Limbus festzustellen mittelst einer Bremsschraube, nach deren Anziehen eine Feinschraube (Mikrometerschraube) noch eine geringe Drehung gestattet.

Liegt der Limbus fest, und ist nur die Alhidade (mit allem, was sie trägt) drehbar, so nennt man den Theodoliten einen einfachen, ist aber auch der Limbus in seiner Ebene drehbar, so heisst das Instrument Repetitionstheodolit.

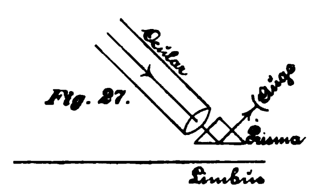
Auf der Alhidadenfläche stehen (meist zwei) Stützen als Träger für eine Drehungsaxe, welche die der Alhidade senkrecht durchschneidet. An ihr sitzt das Fernrohr, mit seiner Ahsehlinie senkrecht auf der Drehungsaxe. Wenn also die Drehungsaxe der Alhidade genau vertikal gestellt ist, so hat dadurch die Drehungsaxe (Kippaxe) des Fernrohrs eine genau horizontale Lage erhalten.

Fest mit der Kippaxe verbunden und zu ihr senkrecht ist der Vertikal-(Höhen-) Kreis. Beim Kippen des Fernrohrs schleift er an zwei feststehenden Nonien. (Das ist die gewöhnliche Einrichtung; seltener verhält es sich ebenso wie am Horizontalkreis, wo die Nonien drehbar waren gegen den festgestellten Limbus.) Der Höhenkreis ist ge-

gen seine Alhidade durch Bremsschraube festzustellen, gestattet aber danach mittelst Feinschraube noch geringe Verschiebungen zwecks genauester Einstellung des Fadenkreuzes auf das anvisierte Objekt.

Bei den meisten Instrumenten ist das Fernrohr zwischen den die Kippaxe tragenden Stützen derart angebracht, dass der Schnittpunkt von vertikaler und horizontaler Drehungsaxe auch ein Punkt der Fernrohraxe (Absehlinie) ist. Das ist ja auch die der ganzen Idee des Theodolits zu Grunde liegende Anordnung.

Wenn aber ein Winkelschenkel gegen den Horizont sehr stark geneigt ist, so wird das Blicken in das Fernrohrokular schwierig und bei kurzem, nicht über den Limbus hinausragendem Fernrohr geradezu unmöglich. Man hilft sich dadurch, dass man (Fig. 27) vor die Okularlinse ein kleines rechtwinklig-gleichschenkliges Glasprisma setzt, dessen Hypotenuse das Bild des Gegenstands schräg nach oben reflektiert. Man kann aber auch zur Vermeidung der genannten Schwierigkeit das Fernrohr, statt in der Mitte, an dem einen Ende — an dem andern befindet sich der Höhenkreis — der Kippaxe so anbringen, dass auch bei den steilsten Winkelschenkeln der Limbus die Beobachtung nicht stört. Immerhin bleibt auch bei dieser exzentrischen Montierung des Fernrohrs das Hineinsehen bei grossem Elevationswinkel sehr unbequem, und deshalb verzichtet man auch dann nicht gern auf Vorsetzung eines total reflektierenden Prismas vor das Okular oder auch auf Einschaltung des Prismas zwischen Objektiv und Okular, so dass das Fernrohr eine gebrochene Gestalt erhält. Ein exzentrisches Fernrohr lässt sich um die Kippaxe ganz herumdrehen, ohne dass, wie bei zentrischer Anordnung besonders hohe Axenträger nötig wären. Diese „Durchschlagbarkeit“ des Fernrohrs ist aber zum Zweck der leichten Erkennung, Beseitigung oder Eliminierung von kleinen Konstruktionsfehlern des Theodolits sehr erwünscht. Man nennt deshalb ein durchschlagbar konstruiertes Instrument einen „Kompensations“-Theodolit.



b) Aufstellung und Prüfung. Der Theodolit wird auf einem festen Stein, einer Säule, welche den Scheitelpunkt des zu messenden Winkels enthalten, meist aber auf einem transportablen Stativ aufgestellt und dann mittelst Senkels auf den unter dem Stativ liegenden Scheitel eingelotet. Bei den niederen geodätischen Messungen bildet das letztere die Regel. Das Stativ besteht aus einem kleinen kreisrunden Tischchen, das in der Mitte weit durchbrochen ist und von (gewöhnlich) drei, gleich abstehenden, tangential am Tischchen drehbaren Beinen getragen wird. Der Theodolit wird auf das Tischchen gestellt und mittelst eines mit Schraubengewinde versehenen Fortsatzes seiner Vertikalaxe, welche durch die Durchbohrung des Tischchens gesteckt wird, federnd mit dem Stativ verbunden. Das Tischchen soll, wenn der Scheitelpunkt des Winkels vertikal unter der durchbrochenen Fläche liegt, und die Beine des Stativs fest in den Erdboden eingedrückt sind, eine nach Augenmass ungefähr horizontale Lage haben. Die Verbindung des Instruments mit dem Stativ soll nur eine lockere sein, bevor nicht die Drehungsaxen des Instruments mittelst der Libellen genau vertikal bezw. horizontal gemacht sind.

Diesem Zweck dienen gewöhnlich zwei Libellen: Die eine, eine Dosenlibelle, sitzt zwischen den Fernrohrträgern auf der Alhidade auf und gestattet bei Drehung der Fussschrauben des Dreifusses eine annähernde Horizontierung herbeizuführen. Die andere, eine Röhrenlibelle von grösserer Empfindlichkeit, ist meist an einer der Fernrohrstützen befestigt, sie führt dann den Namen Alhidadenlibelle. Mit ihr erreicht man, nachdem die Dosenlibelle zum Einspielen gebracht ist, die vollkommene Horizon-

tierung auf folgende Art: Die Röhrenlibelle wird mit ihrer Axe etwa parallel zur Verbindungslinie zweier Fussschrauben gestellt, und dann durch Drehen an beiden die Blase zum ungefähren Einspielen gebracht. Dreht man nun um die Vertikalaxe um 2 R (Umsetzen der Libelle), so dürfte, wenn in dieser Stellung die Libellenaxe genau senkrecht zur Drehungsaxe (also parallel zur Alhidadenebene) wäre, die Blase ihre Stellung nicht ändern. Tut sie dies, so ist die Hälfte des entstandenen Ausschlags mittelst der Fussschrauben zu beseitigen; nun ist die Alhidadenebene in der Richtung der Libelle horizontal. Um auch die zu ihr senkrechte Richtung und damit die Ebene überhaupt horizontal (und also ihre Drehungsaxe vertikal) zu machen, stellt man jetzt die Libellenaxe senkrecht gegen die Verbindungslinie der beiden Fussschrauben, bringt die Blase durch Drehen allein an der dritten Fussschraube zum ungefähren Einspielen, dreht um 2 R und korrigiert durch Drehen an der dritten Fussschraube die Hälfte des entstandenen Ausschlags. Darauf geht man nochmals in die erste Stellung (Libellenaxe parallel der Verbindungslinie der ersten beiden Fussschrauben) zurück und berichtigt einen etwa entstandenen Ausschlag der Blase. Wenn man jetzt langsam um 4 R dreht, so darf die Blase ihren Stand nicht im geringsten ändern. Nimmt die Blase nicht sehr nahe die Mitte der Teilung ein, so drehe man an den Korrektionsschrauben der Libelle, bis dies eintritt. Damit ist auch die Libelle „justiert", d. h. ihre Axe genau senkrecht zur Drehungsaxe. Nachdem nun die Alhidade (und der Limbus) horizontal, ihre Drehungsaxe vertikal gestellt ist, soll bei richtiger Konstruktion des Instruments zugleich die Kippaxe in horizontaler Lage sein. Das wird geprüft durch Einstellen des Fernrohrs auf eine lange vertikale Linie (Senkel, Hauskante) und Kippen des Fernrohrs. Bleibt hierbei das Fadenkreuz fortwährend auf dem Senkelfaden, so beschreibt die Absehlinie eine vertikale Ebene, die Kippaxe ist also horizontal. Weicht das Fadenkreuz beim Kippen mehr und mehr vom Senkelfaden ab, den es an einem Ende gedeckt hatte, so lässt sich bei besseren Instrumenten mittelst Korrektionsschräubchen die Lage der Kippaxe verbessern. Dieser Prüfung hat jedoch eine andere vorherzugehen (s. später), durch welche festgestellt wird, dass Absehlinie des Fernrohrs und Kippaxe aufeinander senkrecht stehen, dass also beim Kippen wirklich eine Ebene und nicht eine Kegelfläche beschrieben wird.

Vielfach ist auch die Röhrenlibelle als Reiterlibelle auf die Kippaxe aufgesetzt, diese also direkt horizontal zu stellen. Man verfährt dann so, dass zuerst die Libelle in bekannter Weise durch Umsetzen auf der Kippaxe selbst berichtigt wird, so dass diese der Libellenaxe parallel ist. Dann stellt man die Alhidade im ganzen ziemlich horizontal und dreht sie nun aus einer Stellung, in der die Kippaxe zwei Fussschrauben parallel war und die Blase einspielte, um 2 R. Den entstehenden Ausschlag, welcher teils von Nichthorizontalität der Kippaxe, teils von ihrer nicht genau senkrechten Lage gegen die Vertikalaxe herrührt, bringt man zur einen Hälfte mittelst der Korrektionsschräubchen der Kippaxe, zur anderen mittelst der Fussschrauben fort. Schliesslich wird die Alhidade um 1 R gedreht, und der entstehende Libellenausschlag nur durch die Fussschrauben beseitigt. Jetzt ist die Kippaxe horizontal und die Alhidadenaxe vertikal.

Die Prüfung auf die Rechtwinkligkeit der Absehlinie (Zielaxe) zur Kippaxe (s. oben) erfolgt entweder so, dass man — wenn dies überhaupt möglich ist — die Kippaxe samt Fernrohr in den Lagern bei geklemmter Drehung um die Vertikalaxe umlegt und nachsieht, ob ein vorher angezielter Punkt auch nach dem Umlegen noch einsteht. Wenn das nicht der Fall ist (Fig. 28), so liest man am Horizontalkreise ab, stellt dann von neuem auf den anvisierten Punkt ein, liest wieder ab und dreht um die Hälfte β des Unterschieds 2β der beiden Ablesungen wieder zurück. Nun verlegt

man die Zielaxe durch seitliche Verschiebung des Fadenkreuzes so lange, bis dasselbe den Punkt deckt, der Winkel α also $= 1$ R geworden ist.

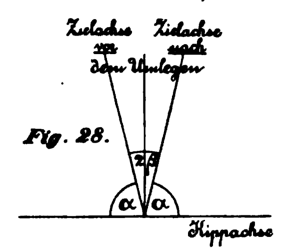


Fig. 28.

Bequemer ist die Prüfung, wenn (bei genügend hohen Stützen) das Fernrohr durchgeschlagen werden kann, auch ohne aus seinen Lagern gehoben zu werden. In Folge Durchschlagens kommt die Zielaxe (Fig. 29) aus Lage I in Lage II. Man liest am Horizontalkreis ab und dreht die Alhidade genau um 2 R (Lage III). Die Zielaxe weicht jetzt um den doppelten Fehler 2 β von ihrer Anfangslage ab u. s. w., wie vorher schon beschrieben.

Beide Verfahren erfordern nicht die Aufstellung des Instruments im Felde, es genügt ein Fenster mit freiem Ausblick. Ist aber der Theodolit im Felde aufgestellt, so kann man auch in der Zielaxe II einen Absteckstab errichten und braucht jetzt nur nachzusehen, ob dieser mit dem zuerst anvisierten Punkt und der Vertikalaxe des Instruments in einer geraden Linie liegt.

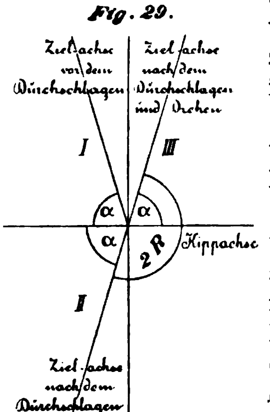


Fig. 29.

Eine absolute Beseitigung der Instrumentenfehler ist aber unmöglich, ein kleiner Fehlerrest bleibt auch bei der besten Konstruktion und nach der sorgfältigsten Berichtigung immer noch zurück, und deshalb ist es wichtig zu bemerken, dass sowohl der Zielaxenfehler als auch der aus mangelhafter Horizontalität der Kippaxe entstehende aus den Messungen herausfällt, wenn man die Horizontalprojektion des Winkels in beiden Fernrohrlagen, d. h. auch mit durchgeschlagenem, um 2 R um die Kippaxe gedrehten Fernrohr misst und aus beiden Werten das arithmetische Mittel nimmt.

Anders steht es mit dem aus nicht genau senkrechter Stellung der Vertikalaxe (infolge mangelhafter Beobachtung des Stands der Alhidadenlibelle) entspringenden Fehler. Dieser ist durch Durchschlagen nicht zu eliminieren, und deshalb muss bei der Aufstellung des Theodolits die Alhidadenlibelle immer besonders genau zum Einspielen gebracht werden.

Dagegen dient die Messung des Winkels in beiden Fernrohrlagen auch zur Eliminierung zweier Konstruktionsfehler, nämlich der Exzentrizität des Fernrohrs und derjenigen der Alhidade. Der erstere Fehler ist vorhanden, wenn die Vertikaldrehungsaxe die Zielaxe nicht trifft, er findet sich also im stärksten Masse bei Anbringung des Fernrohrs am einen Ende der Kippaxe.

Unter dem zweiten Fehler versteht man den Abstand, welchen das Zentrum des Limbus von der Drehungsaxe der Alhidade etwa besitzt. Der Einfluss dieses Fehlers auf die Winkelmessung ist ziemlich gross, bei einem Abstand von nur 0,1 mm und einem Kreisdurchmesser von 100 mm beträgt er bereits 3′26″. Indessen wird der Fehler, wie gesagt, mittelst Durchschlagens eliminiert, aber auch durch Ablesung an zwei diametral gegenüberliegenden Nonien. Er würde also nur dann schädlich wirken, wenn das Instrument (wie z. B. manche Höhenwinkelmessinstrumente von geringerer Genauigkeit) keinen Vollkreis hätte.

Im Zusammenhange sei hier gleich bemerkt, dass ein Exzentrizitätsfehler der Alhidade sich natürlich auch beim Höhenkreise finden kann und dort in der gleichen Weise, wie beim Horizontalkreis, nämlich durch Messung des Höhenwinkels in beiden Fernrohrlagen oder durch Ablesung zweier Nonien eliminiert wird. Das Durchschlagen des Fernrohrs beseitigt hier noch einen anderen Fehler, den Kollimationsfehler des

Höhenkreises. Er besteht im Nichtzusammenfallen des Nonius-Nullstrichs mit dem der Kreisteilung trotz horizontaler Lage der Zielaxe. Der wahre Höhenwinkel eines anvisierten Punkts wird dann als das arithmetische Mittel der in den beiden Fernrohrlagen gemessenen Höhenwinkel erhalten.

Von der Fehlerfreiheit der Limbusteilung überzeugt man sich, indem man den Nonius über die Kreisteilung hinführt und prüft, ob er überall genau gleich viele Teile des Limbus bedeckt. Hierbei leistet die Ueberteilung des Nonius gute Dienste. Bei einer Winkelmessung kann man kleine Ungenauigkeiten der Limbusteilung eliminieren, wenn man die Messung öfters, aber jedesmal auf anderen Stellen des Limbus wiederholt. Das dazu nötige Verschieben des Theodoliten auf dem Stativ (und jedesmalige Horizontieren) erspart man, wenn auch der Limbus drehbar, das Instrument ein „Repetitionstheodolit" ist. Vorteilhafter wendet man aber dann das Repetitionsverfahren statt der wiederholten einfachen Winkelmessung an. Man stelle nämlich bei festem Limbus auf den Zielpunkt L im linken Winkelschenkel ein, Ablesung A_0. Stelle ebenso auf den rechtsseitigen Zielpunkt R ein, Ablesung A_1. Nun drehe man den Limbus samt der daran festgeklemmten Alhidade zurück, bis wieder L einsteht, wobei also die Ablesung am Nullstrich der Alhidade gleich A_1 bleibt. Weiter stelle man bei festem Limbus nach Lösung der Alhidade von ihm das Fernrohr wieder auf R ein, Ablesung A_2, dann bei festgeklemmter Alhidade zurück auf L, Ablesung A_2 u. s. w. Nach n-maliger Wiederholung des Verfahrens — Ablesungen A_0 A_1 A_2 ... A_n — hat man folgende Werte des Winkels α

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= A_1 - A_0 \\ \alpha_2 &= A_2 - A_1 \\ \alpha_3 &= A_3 - A_2 \\ &- - - - - \\ \alpha_n &= A_n - A_{n-1} \end{aligned}$$

und durch Summierung dieser Gleichungen

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \ldots + \alpha_n = A_n - A_0$$

$$n \,.\, \alpha = A_n - A_0, \text{ wo } \alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \ldots + \alpha_n}{n}$$

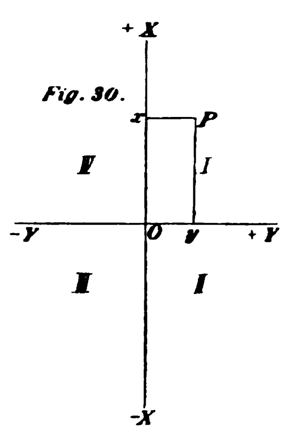
$$\alpha = \frac{A_n - A_0}{n}$$

Das arithmetische Mittel α aller α_1 α_2 ... α_n hängt also nur von den Ablesungen A_0 und A_n ab, und deshalb kann man die Zwischenablesungen A_1 ... A_{n-1} ganz fortlassen. Nur die Ablesung A_1 macht man gewöhnlich, um sofort einen Wert des Winkels zu haben. Die Winkelmessung durch Repetition liefert ein um so genaueres Resultat verglichen mit dem durch einfache Wiederholung der Messung erreichbaren, je mehr der Einstellungsfehler dem Ablesungsfehler nachsteht. Und jener ist in der Tat geringer als dieser. Zudem spart man bei der Repetition die Zwischenablesungen, weshalb die Messung rascher von statten geht.

§ 17. Koordinatenrechnung. Bei der Stückvermessung schon (§ 12) wurde die Lage eines Punkts in der Ebene durch zwei Koordinaten bestimmt. Dort waren es rechtwinklige Koordinaten, hier besprechen wir ausser diesen noch das System der Polarkoordinaten. Beide Systeme verlangen zunächst die Festlegung eines Punkts, des Anfangspunkts O.

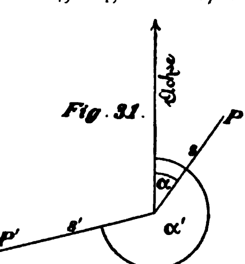
Im rechtwinkligen Koordinatensystem ziehen wir durch O (Fig. 32) zwei auf einander senkrechte Gerade, die Koordinatenaxen, von denen die eine Abscissenaxe X, die andere Ordinatenaxe Y heisst. Durch den zu bestimmenden Punkt P werden Parallelen zu ihnen bis zum Durchschnitt mit den

Axen gelegt. Die Abstände der Schnittpunkte vom Anfangspunkt heissen Abscisse x und Ordinate y. x und y zusammen heissen die Koordinaten von P, beide können entweder positiv oder negativ sein. Man bezeichnet die Axen in der einen Richtung vom Anfangspunkt aus als positive, in der entgegengesetzten als negative, und zwar wird fast überall im deutschen Reiche als positive Abscissenaxe die Richtung nach Nord und als positive Ordinatenaxe die Richtung nach Ost genommen. Bei dieser Festsetzung geht die positive X-Richtung durch eine Drehung um 90° in der Richtung der Uhrzeigerbewegung in die positive Y-Richtung über. Bezeichnen wir die vier Quadranten, durch welche die X-Axe bei dieser Drehung der Reihe nach hindurchgeht, mit I bis IV, so ist demnach

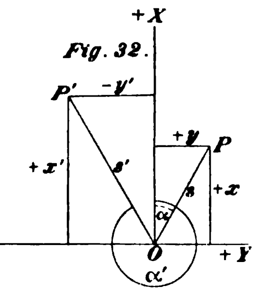


im I.	II.	III.	IV. Quadranten
x pos.	x neg.	x neg.	x pos.
y pos.	y pos.	y neg.	y neg.

Das **Polarkoordinatensystem** (Fig. 31) enthält eine durch den Anfangspunkt gezogene Axe, welche gewöhnlich die Richtung nach Nord hat. Die Entfernung s des Punkts P vom Anfangspunkt heisst der **Radiusvektor** und der Winkel α, um welchen man in der Uhrzeigerrichtung die Axe drehen müsste bis zum Zusammenfallen mit dem Radiusvektor, das **Azimut**. Durch Angabe dieser beiden Grössen ist die Lage des Punkts P in der Ebene vollkommen bestimmt. Dabei ist s stets positiv anzunehmen, α hat Werte zwischen 0^0 und 360^0.



Wenn die Anfangspunkte beider Koordinatensysteme zusammenfallen, und die Axe des Polarsystems sich mit der positiven Richtung der X-Axe deckt, so bestehen (Fig. 32) folgende einfache Beziehungen zwischen den rechtwinkligen und den Polar-Koordinaten eines Punkts:



$$\cos\alpha = \frac{x}{s} \qquad \sin\alpha = \frac{y}{s} \qquad \operatorname{tg}\alpha = \frac{y}{x}$$

$$s = \sqrt{x^2 + y^2} = \frac{x}{\cos\alpha} = \frac{y}{\sin\alpha}$$

Diese Gleichungen haben für beliebige Lage des Punkts Gültigkeit, sobald man nur die Vorzeichen der Parallelkoordinaten und der goniometrischen Funktionen berücksichtigt. Die Gleichung $\operatorname{tg}\alpha = \frac{y}{x}$ liefert aus gegebenen y und x zunächst **zwei** Werte für α, da ihr auch $\alpha \pm 180^0$ genügt. Aber nach den Gleichungen für s, welches stets positiv ist, muss x das Vorzeichen von $\cos\alpha$ und y das von $\sin\alpha$ besitzen, und deshalb liegt

α im	I.	II.	III.	IV. Quadr.	
wenn $\frac{y}{x}$ das Vorzeichen	$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{+}$	hat.

Wenn von **zwei** Punkten P_1 und P_2 (Fig. 33) die Koordinaten gegeben sind, so berechnet sich ihre Entfernung s_{12} und deren Azimut α_{12} folgendermassen:

a) Gegeben die rechtwinkligen Koordinaten $x_1 y_1$ und $x_2 y_2$.

$$\operatorname{tg}\alpha_{12} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$s_{12} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} = \frac{x_2 - x_1}{\cos \alpha_{12}} = \frac{y_2 - y_1}{\sin \alpha_{12}}$$

b) Gegeben die Polarkoordinaten $s_1 \alpha_1$ und $s_2 \alpha_2$.

$$s_{12} = \sqrt{s_1^2 + s_2^2 - 2 s_1 s_2 \cdot \cos(\alpha_2 - \alpha_1)}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{12} = \frac{s_2 \cdot \sin\alpha_2 - s_1 \cdot \sin\alpha_1}{s_2 \cdot \cos\alpha_2 - s_1 \cdot \cos\alpha_1}.$$

α_{12} ist das Azimut der Richtung P_1 nach P_2, das Azimut von P_2 nach P_1 unterscheidet sich von diesem um 180° und würde durch $\alpha_{21} = \alpha_{12} \pm 180^0$ zu bezeichnen sein.

Ist umgekehrt die Strecke $P_1 P_2$ durch s_{12} und α_{12} gegeben, so kann man die Differenzen der rechtwinkligen Koordinaten von P_1 und P_2 berechnen aus den Gleichungen

$$x_2 - x_1 = s_{12} \cdot \cos \alpha_{12} \qquad y_2 - y_1 = s_{12} \cdot \sin \alpha_{12}$$

Die Vorzeichen dieser Koordinatendifferenzen sind durch die des cos und sin bestimmt. Sind ausser s_{12} und α_{12} auch die rechtwinkligen Koordinaten eines der beiden Punkte z. B. von P_1 mit $x_1 y_1$ gegeben, so folgen die des anderen (S_2) aus den Gleichungen

$$x_2 = x_1 + (x_2 - x_1) \qquad y_2 = y_1 + (y_2 - y_1)$$

§ 18. **Aufnahme eines geschlossenen Polygons mit dem Theodolit.** Das Polygon (Fig. 34) besitze nur mässig grosse Fläche und Seitenzahl. Die Aufnahme des Umfangs erfordert die Messung sämtlicher Polygonwinkel mit dem Theodolit und die Messung sämtlicher Seiten mit Messlatten oder Stahlband. Letztere wird, um grobe Fehler auszuschliessen, zweimal gemacht. Die Winkelmessung soll in beiden Fernrohrlagen geschehen. Hierbei gehe man um das Polygon der Richtung des Uhrzeigers entgegengesetzt herum und stelle das Fernrohr zuerst auf den Endpunkt des linken, dann auf den des rechten Winkelschenkels ein — wobei der Standpunkt des Beobachters ausserhalb des Polygons gedacht ist. Die gemessenen Winkel liegen dann im Innern des Polygons.

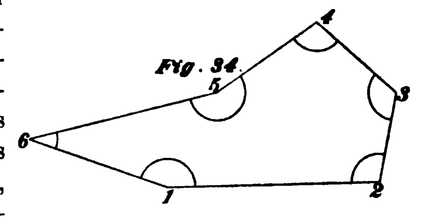


Fig. 34.

Der Endpunkt eines Winkelschenkels wird durch einen Absteckstab bezeichnet, der neben das im Eckpunkt des Polygons stehende Signal und zwar jedesmal in Richtung der Visur gesteckt wird. Um von dem Fehler nicht genau vertikaler Stellung des Absteckstabs möglichst unabhängig zu sein, visiert man den Stab so tief als möglich an. Der Vertikalfaden des Fadenkreuzes werde auf die Stabaxe eingestellt. Neben sehr guter Horizontierung des Theodolits ist für genaue Einsenkelung seiner Vertikalaxe auf den Eckpunkt des Polygons Sorge zu tragen und zwar um so mehr, je kürzer die Polygonseiten sind.

Das Aufschreiben der Ablesungen am Horizontalkreis — es handelt sich nur um die Bestimmung der Horizontalprojektion des Polygons — geschehe mit grosser Sorgfalt, namentlich werden die Fernrohrlagen und die Nummern der beiden Nonien genau unterschieden. Man notiere etwa folgendermassen:

Polygonpunkt (Station) Nr. 3.

	Winkelschenkel	Links (Nr. 2)	Rechts (Nr. 4)	Differenz
1. Fernrohrlage	I. Non.	320°45′0″	322°57′20″	2°12′20″
	II. Non.	140°45′10″	142°57′30″	2°12′20″
2. Fernrohrlage	I. Non.	140°45′20″	142°57′50″	2°12′30″
	II. Non.	320°45′10″	322°57′40″	2°12′30″
			Mittelwert	2°12′25″

Bei Bildung der Differenz ist zu beachten, ob bei der Drehung von links auf rechts der Nonius über Null der Kreisteilung gegangen ist.

Der Mittelwert ist der von den verschiedenen, in § 16 genannten, Fehlern des Theodolits und seiner Aufstellung befreite Winkel.

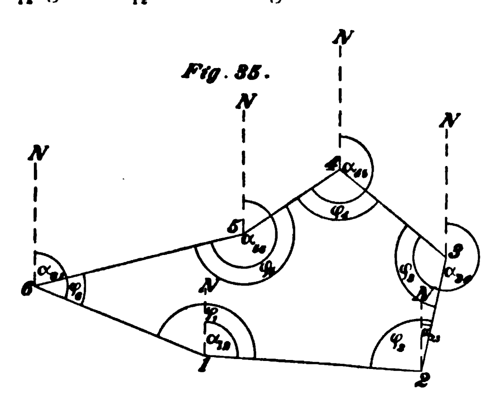
Nachdem so sämtliche Polygonwinkel gemessen sind, wird ihre Summe genommen und geprüft, ob diese mit der theoretischen Winkelsumme des Polygons sehr nahe übereinstimmt. Diese ist bei einem n-Eck gleich $(n - 2)\ 2\,R$, und von ihr soll nach den Vermessungsanweisungen die beobachtete Winkelsumme sich um höchstens $1{,}5\sqrt{n}$ Minuten (sexagesimal) oder um $3\sqrt{n}$ Minuten (centesimal) unterscheiden. Ist die Differenz beider sehr viel grösser, so ist sicher ein grober Messungsfehler vorgekommen, welcher aufgesucht werden muss, während bei geringer Ueberschreitung des obigen Differenzwerts wahrscheinlich die Visuren und Ablesungen nicht mit der nötigen Sorgfalt gemacht sind und deshalb sämtlich wiederholt werden müssen. Erreicht aber die Differenz den genannten Grenzwert nicht, so verteilt man sie gleichmässig auf sämtliche Winkel und erreicht dadurch Gleichheit der beobachteten Winkelsumme mit der theoretischen.

Die so ausgeglichenen Polygonwinkel können nun zur Berechnung der Azimute der Polygonseiten dienen, wenn das Azimut einer Seite bekannt ist oder anderweitig ermittelt wird. Man kann hierzu entweder die Richtung der Nord-Süd-Linie in einem der Eckpunkte des Polygons auf astronomischem oder magnetischem (§ 19) Wege bestimmen oder aber das gesuchte Azimut aus dem bekannten Azimut einer anderen, nicht dem Polygonumfang angehörigen Linie ableiten (§ 33).

Die Beziehung der Azimute auf den astronomischen (oder magnetischen) Meridian ist aber nur dann notwendig, wenn eine genaue Orientierung des Polygons nach den Himmelsrichtungen oder gegen andere benachbarte Polygone gewünscht wird.

Kommt es dagegen lediglich auf die Kenntnis der Gestalt und der Flächengrösse an, so kann man die Lage der Abscissenaxe ganz beliebig annehmen, sie z. B. mit einer Polygonseite zusammenfallen lassen.

Es sei also das bekannte Azimut — Anfangsazimut genannt — das der Seite s_{12} gleich α_{12}. Dann ergiebt die Betrachtung der Figur 35 folgende Gleichungen:



$$\begin{aligned}\alpha_{23} &= \alpha_{12} + \varphi_2 - 2R\\ \alpha_{34} &= \alpha_{23} + \varphi_3 - 2R + 4R\\ \alpha_{45} &= \alpha_{34} + \varphi_4 - 2R\\ \alpha_{56} &= \alpha_{45} + \alpha_5 - 2R\\ \alpha_{61} &= \alpha_{56} + \varphi_6 - 2R\\ \alpha_{12} &= \alpha_{61} + \varphi_1 - 2R.\end{aligned}$$

Das Azimut einer Polygonseite wird also aus demjenigen der vorhergehenden Seite erhalten durch Addition des zwischen beiden liegenden Polygonwinkels und Subtraktion von 2 R. Fällt das Resultat negativ aus, so werden nochmals 4R addiert (Gleichung für α_{34}). Die letzte Gleichung für α_{12} muss wieder das gegebene Anfangsazimut liefern, wenn die Rechnung richtig geführt war.

Nun wird aus den gemessenen Polygonseiten und ihren berechneten Azimuten die Abscissen- und Ordinatendifferenz auf einander folgender Eckpunkte mit Hilfe der Gleichungen

$$x_n - x_m = s_{mn} \cdot \cos \alpha_{mn}, \quad y_n - y_m = s_{mn} \cdot \sin \alpha_{mn}$$

berechnet. Bedeutet β einen spitzen, im 1. Quadranten liegenden Winkel, so ist

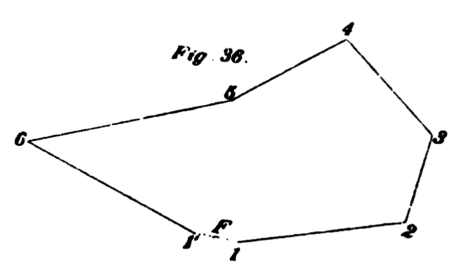
$$\alpha = \beta + \iota \cdot R, \text{ wo } \iota = 0, 1, 2 \text{ oder } 3.$$

Es ist dann für

$\iota = 0 \quad \alpha \gtrless {>0 \atop <1 R}$	$\cos\alpha = \cos\beta$	$\sin\alpha = \sin\beta$
$\iota = 1 \quad \alpha \gtrless {>1 R \atop <2 R}$	$\cos\alpha = -\sin\beta$	$\sin\alpha = +\cos\beta$
$\iota = 2 \quad \alpha \gtrless {>2 R \atop <3 R}$	$\cos\alpha = -\cos\beta$	$\sin\alpha = -\sin\beta$
$\iota = 3 \quad \alpha \gtrless {>3 R \atop <4 R}$	$\cos\alpha = +\sin\beta$	$\sin\alpha = -\cos\beta$

Man subtrahiere also von dem Azimut α so viele Rechte, bis ein spitzer Winkel β übrig bleibt. Von diesem nehme man, je nachdem α im 1., 2., 3. oder 4. Quadranten lag, gemäss der obigen Tabelle den sin oder cos mit dem gehörigen Vorzeichen. Die Berechnung der Produkte erfolgt am besten mit Hilfe einer Koordinatentafel (Defert, Reissig) oder in Ermangelung einer solchen mit einer Logarithmentafel.

Die Richtigkeit der Berechnung wird dadurch kontrolliert, dass die Summe sämtlicher Abscissendifferenzen $(x_2 - x_1) + (x_3 - x_2) + (x_4 - x_3) + \ldots + (x_n - x_{n-1}) + (x_1 - x_n)$, ebenso wie die aller Ordinatendifferenzen sehr nahe dem theoretischen Wert Null gleich sein muss. Als Folge unvermeidlicher kleiner Fehler bei der Seiten- und Winkelmessung sei nun aber die Summe der Abscissendifferenzen F_x und die der Ordinatendifferenzen F_y. Würde man also (nach Berechnung der Koordinaten selbst aus ihren Differenzen) die Koordinaten in ein Netz eintragen, mit Punkt 1 beginnend und mit Punkt 6 endigend, so würden sich aus den Gleichungen $x_1 - x_6 = s_{61} \cdot \cos\alpha_{61}$ und $y_1 - y_6 = s_{61} \cdot \sin\alpha_{61}$ Werte (x_1' und y_1') für x_1 und y_1 ergeben, die mit den Ausgangswerten x_1 und y_1 der Berechnung nicht übereinstimmen. Das Polygon schlösse sich also bei der Zeichnung nicht (Fig. 36), die Strecke 1'1 ist der lineare Schlussfehler $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$. Er soll nach den Vermessungsvorschriften einen gewissen Grenzwert nicht überschreiten, unter den günstigsten Messungsverhältnissen darf er höchstens gleich sein $0{,}01\sqrt{4\Sigma s + 0{,}005 \cdot (\Sigma s)^2}$, unter weniger günstigen darf er $0{,}01\sqrt{6 \cdot \Sigma s + 0{,}0075(\Sigma s)^2}$ und unter den ungünstigsten $0{,}01\sqrt{8\Sigma s + 0{,}01 \cdot (\Sigma s)^2}$ erreichen, wo Σs die Summe aller Polygonseiten.



Dass die Ausdrücke für den Grenzwert des Fehlers nur die Seiten und nicht die Winkel enthalten, besagt, dass die Fehler der Koordinatendifferenzen hier nur als Folge nicht ganz scharfer Streckenmessung betrachtet werden sollen, während die (ausgeglichenen) Winkel als fehlerfreie Grössen behandelt werden.

Da der Fehler einer Seitenmessung mit ihrer Länge wächst, so sollte bei der Ausgleichung an derjenigen Koordinatendifferenz die grössere Aenderung angebracht werden, welche der längeren Seite zugehört. Gewöhnlich verfährt man aber, bei nicht zu verschiedenen Seitenlängen, so, dass man die Fehler F_x resp. F_y gleichmässig auf alle Abscissen- resp. Ordinatendifferenzen derart verteilt, dass die Summe aller verbesserten Abscissen- wie Ordinatendifferenzen genau Null wird. Diese verbesserten (ausgeglichenen) Werte der Differenzen werden in die Gleichungen

$$\begin{array}{ll} x_2 = x_1 + (x_2 - x_1) & y_2 = y_1 + (y_2 - y_1) \\ x_3 = x_2 + (x_3 - x_2) & y_3 = y_2 + (y_3 - y_2) \\ \vdots & \vdots \\ x_1 = x_n + (x_1 - x_n) & y_1 = y_n + (y_1 - y_n) \end{array}$$

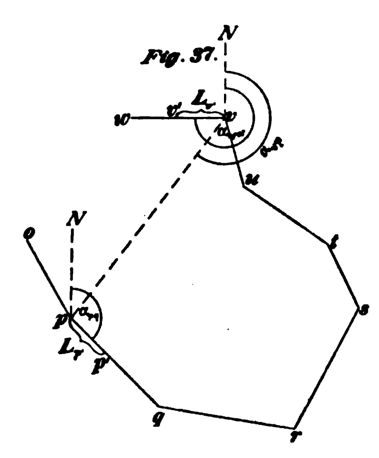
eingesetzt, und aus ihnen und den gegebenen Werten von x_1 und y_1 der Reihe nach berechnet $x_2\ y_2$, $x_3\ y_3$ u. s. w.

Die letzten Gleichungen müssen, wenn die Rechnung richtig geführt ist, wieder die Ausgangswerte x_1 und y_1 ergeben.

Wenn die Summen $\Sigma (x_{m+1} - x_m)$ und $\Sigma (y_{m+1} - y_m)$ die oben angegebenen Grenzen merklich überschreiten, so kann man sicher sein, dass ein grober Fehler bei der Messung der Seiten begangen wurde. Um die falch gemessene Seite herauszufinden, berechne man die Koordinaten der Eckpunkte nach den obigen Gleichungen, ausgehend von einem Punkte mit gegebenen oder willkürlich angenommenen Koordinaten ($P_1 . x_1\ y_1$, wo z. B. $x_1 = 0\ y_1 = 0$ gesetzt werden kann). Die letzte Gleichung führt sodann nicht wieder auf $x_1\ y_1$ zurück, sondern ergiebt Werte $x_1'\ y_1'$. Das Azimut α_{11}' der Graden P_1P_1' berechnet sich aus $\operatorname{tg} \alpha_{11}' = \frac{y_1' - y_1}{x_1' - x_1} = \frac{F_y}{F_x}$. Man vergleicht mit α_{11}' die Azimute der Polygonseiten; diejenige ist falsch gemessen, welche das gleiche Azimut α_{11}' oder $\alpha_{11}' \pm 180^0$ besitzt, und die Grösse des Fehlers wird durch $\sqrt{(y_1' - y_1)^2 + (x_1' - x_1)^2}$ d. h. durch die Länge P_1P_1' gegeben.

Auch wenn ein Polygonwinkel mit einem groben Fehler behaftet ist, lässt sich der betreffende Winkel durch Rechnung ermitteln. Man gehe von den beobachteten Winkelwerten — deren Summe bedeutend von der theoretischen Summe abweichen soll — aus, nehme für den Scheitel eines beliebigen unter ihnen, z. B. P_1, beliebige Koordinaten, etwa $x_1 = 0\ y_1 = 0$, und für seinen einen Schenkel ein beliebiges Azimut z. B. $\alpha_{12} = 0$ an, berechne damit die Koordinatendifferenzen und weiter die Koordinaten aller Eckpunkte sowohl rechts als links um das Polygon herum. Beide Berechnungsarten werden im allgemeinen verschiedene Werte der Koordinaten ergeben, und nur für einen Punkt werden beide gleich ausfallen. Hier liegt der falsch gemessene Winkel.

Aus den Koordinaten der Eckpunkte berechnet man die Fläche des Polygons und stellt eine Karte desselben her, wie im § 12 schon gezeigt worden ist. Sind die gegebenen Koordinaten des Ausgangspunkts (P_1) gross, so erleichtert man sich die nach den Formeln des § 12 auszuführenden Multiplikationen dadurch, dass man sämtliche Abscissen oder Ordinaten um die gleiche Zahl kürzt — was ja die Werte der in den Formeln auftretenden Differenzen nicht ändert. Man berechnet die Fläche zweimal, jedesmal nach einer anderen Formel, um aus der Uebereinstimmung der Resultate die Gewissheit zu entnehmen, dass kein Rechenfehler begangen wurde.



Von der Richtigkeit der — auf Koordinatenpapier ausgeführten — Karte überzeugt man sich, indem man die Entfernung zweier Eckpunkte in den Zirkel nimmt, auf den verjüngten Massstab überträgt und sie mit der auf dem Felde gemessenen Länge vergleicht. Der Unterschied beider soll 0,3 m nicht überschreiten.

Besitzt das Polygon bei mässiger Grösse eine grosse Zahl von Seiten, so legt man ein Polygon von geringerer Seitenzahl herum, vermisst dieses mit dem Theodolit und die Randstücke nach der Methode des § 12.

§ 18a. **Das Abstecken einer Schneisse durch dichten Wald.** Wir nehmen zuerst an, die Koordinaten der beiden Punkte, welche Anfangs- und Endpunkt

der Schneisse sein sollen, seien bekannt. Die beiden Punkte p und v (Fig. 37) mögen z. B. Eckpunkte eines Waldpolygons sein, das bereits mit dem Theodolit vermessen ist. Fallen sie (p' und v') nicht mit Eckpunkten zusammen, sondern liegen sie zwischen zweien (p und q, resp. v und w), so berechnen sich ihre Koordinaten $x_{p'} y_{p'}$ und $x_{v'} y_{v'}$ aus den bekannten Koordinaten $x_p y_p$ und $x_v y_v$, aus ihren Abständen $L_{p'}$ und $L_{v'}$ von p und v und den Azimuten α_{pq} und α_{vw} der Polygonseiten, auf denen sie liegen, also aus lauter bekannten Grössen mittelst der Gleichungen

$$\frac{x_{p'} - x_p}{L_{p'}} = \cos \alpha_{pq} \qquad \frac{y_{p'} - y_p}{L_{p'}} = \sin \alpha_{pq}$$

$$\frac{x_{v'} - x_v}{L_{v'}} = \cos \alpha_{vw} \qquad \frac{y_{v'} - y_v}{L_{v'}} = \sin \alpha_{vw}$$

Aus den Koordinaten der Punkte p und v (oder p' und v') berechnet sich dann das Azimut α_{vp} der Verbindungslinie, der Schneisse, mittelst

$$\operatorname{tg} \alpha_{vp} = \frac{y_p - y_v}{x_p - x_v}$$

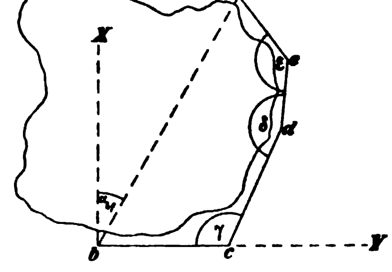
und schliesslich wird der Ansatzwinkel der Schneisse im Punkte v:

$$\text{Winkel wvp} = \alpha_{vw} - \alpha_{vp}$$

und der Ansatzwinkel im Punkte p

$$\text{Winkel vpq} = \alpha_{pq} - \alpha_{pv} = \alpha_{pq} - (\alpha_{vp} - 2R).$$

Nun bringt man den Theodolit über einen der beiden Schneissenendpunkte, etwa über v, stellt auf w ein und dreht um den Winkel wvp; so steht die Visur in der Richtung vp.



Es möge zweitens eine Vermessung des Waldes, durch welchen die Schneisse abgesteckt werden soll, nicht vorliegen.

Man lege einen Polygonzug zwischen den Endpunkten b und f um den Wald herum (Fig. 38), messe die Seiten bc, cd, de, ef, sowie die Brechungswinkel bcd $= \gamma$, cde $= \delta$, def $= \varepsilon$. Zu berechnen sind die Koordinaten des Punkts f.

Wir berechnen zuerst nach § 18 die Azimute der Seiten bezogen auf eine willkürliche Richtung als X-Axe, z. B. die zu bc senkrechte, also Anfangsazimut $\alpha_{bc} = 1R$. Hieraus und aus den Polygonwinkeln γ, δ, ε folgen nach bekannter Regel die Azimute α_{cd}, α_{de}, α_{ef}, aus diesen und den gemessenen Seitenlängen bc, cd, de und ef die Koordinatendifferenzen

$$\begin{matrix} x_c - x_b & x_d - x_c & x_e - x_d & x_f - x_e \\ y_c - y_b & y_d - y_c & y_e - y_d & y_f - y_e \end{matrix}$$

und aus ihnen die Koordinaten selbst von c, d, e und f, wenn für die des Punkts b willkürliche Werte, etwa $x_b = 0$, $y_b = 0$ zu Grunde gelegt werden. Aus $x_f\, y_f$ und $x_b\, y_b$ berechnet sich dann schliesslich α_{bf}:

$$\operatorname{tg} \alpha_{bf} = \frac{y_f - y_b}{x_f - x_b} = \frac{y_f}{x_f}$$

und der Winkel, welchen die Durchhiebrichtung bf mit der Seite bc bildet,

$$\text{Winkel fbc} = R - \alpha_{bf}.$$

Die Länge bf ist $\sqrt{x_f^2 + y_f^2}$ oder auch

$$\frac{y_f}{\sin \alpha_{bf}} = \frac{x_f}{\cos \alpha_{bf}}.$$

Ohne Koordinatenrechnung kann endlich die Aufgabe auf folgende Weise (Fig. 39) gelöst werden: Man messe die Seiten bc $= s_1$, cd $= s_2$, de $= s_3$ und ef $= s_4$ und die

Polygonwinkel γ, δ, ε. Aus diesen Grössen finden wir die Winkel β und φ durch succesive Berechnung von:

Fig. 39.

$$s_5 = \sqrt{s_1^2 + s_2^2 - 2 s_1 s_2 \cdot \cos\gamma}$$

$$\sin\beta_1 = \sin\gamma \cdot \frac{s_2}{s_5} \quad \sin\delta_1 = \sin\gamma \cdot \frac{s_1}{s_5} \quad \delta_2 = \delta - \delta_1$$

$$s_6 = \sqrt{s_5^2 + s_3^2 - 2 s_5 \cdot s_3 \cdot \cos\delta_2}$$

$$\sin\beta_2 = \sin\delta_2 \cdot \frac{s_3}{s_6} \quad \sin\varepsilon_1 = \sin\delta_2 \cdot \frac{s_5}{s_6} \quad \varepsilon_2 = \varepsilon - \varepsilon_1$$

$$s_7 = \sqrt{s_6^2 + s_4^2 - 2 s_6 \cdot s_4 \cdot \cos\varepsilon_2}$$

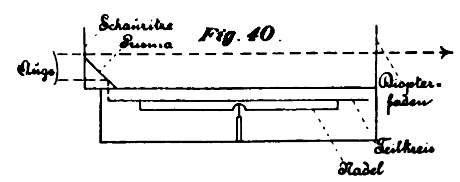
$$\sin\beta_3 = \sin\varepsilon_2 \cdot \frac{s_4}{s_7} \quad \sin\varphi = \sin\varepsilon_2 \cdot \frac{s_6}{s_7}$$

$$\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = \beta.$$

Somit ist β, φ und $s_7 = bf$ gefunden, die Schneisse kann also von b oder von f aus abgesteckt werden, und auch die Länge bf derselben ist bekannt.

Die Praxis wird sich in solchen Fällen, in denen die Absteckung gerader Linien zwischen zwei fest gegebenen Endpunkten gefordert wird, meist durch Probieren helfen, indem eine Linie zunächst nach allgemeiner Orientierung von dem einen Punkt nach dem andern hin durchgesteckt wird, sodass man mindestens nahe an dem letzteren vorbeikommt. Die Differenz zwischen richtigem und falschem Endpunkt, ausgedrückt durch eine Senkrechte, die von dem ersteren auf die abgesteckte Linie gefällt wird, giebt an, nach welchem Verhältnis zur Länge der letzteren eine Berichtigung stattzufinden hat. Zu diesem Zweck wird bei Absteckung der Probelinie diese alsbald in Stationen von je 20 m Länge eingeteilt und die am Schluss gefundene Differenz auf die einzelnen Stationen repartiert. (Cf. § 7 ε und Fig. 5.)

§ 19. Die Bussole. Ein magnetisierter Stahlstab stellt sich, wenn er um eine durch seinen Schwerpunkt gehende Vertikalaxe drehbar ist, bei Abwesenheit aller störenden Einflüsse unter der Wirkung des Erdmagnetismus so ein, dass eine Richtung in ihm, seine magnetische Axe, eine ganz bestimmte Lage einnimmt, in die sie immer wieder zurückkehrt, so oft sie auch aus ihr (z. B. durch angenähertes Eisen) abgelenkt wurde. Die durch diese Richtung gelegte Vertikalebene heisst die Ebene des magnetischen Meridians. Hat der Stahlstab die Form eines sehr gestreckten Stäbchens oder eines Rhombus von geringer Dicke, so spricht man von einer Magnetnadel; ihre magnetische Axe bringt man durch passendes Magnetisieren in die Richtung der Stäbchenaxe oder der langen Diagonale. Die Drehbarkeit um eine Vertikalaxe erreicht man durch Einfügen eines Achathütchens in die Mitte der Nadel und Aufsetzen desselben auf eine kurze scharfe Stahlspitze. Die Spitzen der Nadel resp. an dieselben angesetzte Zeiger bewegen sich in der Ebene (oder auch unmittelbar über ihr) eines geteilten Kreisringes, der mit der Drehungsaxe der Nadel koncentrisch ist und nur einen sehr kleinen Zwischenraum zwischen sich und den Nadelenden frei lässt.



Schwebt die Nadel resp. ihre Verlängerungen über der Kreisteilung, so ist diese am besten aus spiegelndem Glas ausgeführt; man vermeidet dann die Parallaxe bei der Ablesung, indem man den Zeiger mit seinem Spiegelbild immer zur Deckung bringt.

Tritt zu Magnetnadel und Teilkreis noch eine Vorrichtung zur Herstellung einer Absehlinie, also ein Diopter oder Messfernrohr, so heisst der Apparat eine Feld- oder Waldbussole.

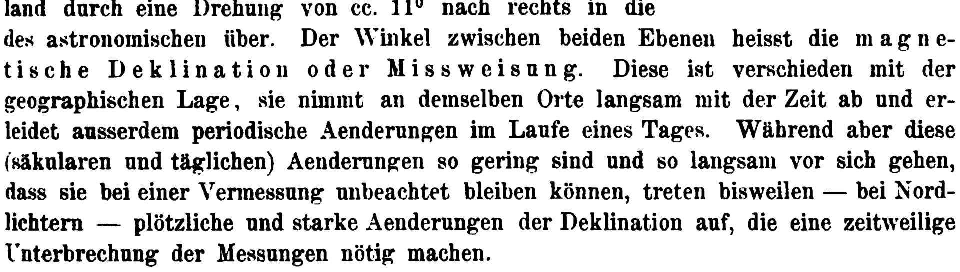
Die Beigabe eines Stativs ist nicht bei allen Formen der Bussole absolute Notwendigkeit, und es giebt sogar eine Form (Fig. 40), Schmalkalders Bussole, bei der das Stativ durchaus unnötig ist. Hier ist der sehr leicht, z. B. aus Pappe gearbeitete Teilkreis an der Oberfläche der Nadel befestigt, nimmt also an den Schwingungen derselben Teil und stellt sich immer mit dem gleichen Durchmesser (0° — 180°, wo 0° am Süd-, 180° am Nordende der Nadel liegt) in den magnetischen Meridian ein. Das Diopter sitzt auf dem Rand der Büchse auf und gestattet mittelst eines an der Schauritze angebrachten total reflektierenden Glasprismas zugleich mit dem anvisierten Objekt und dem Diopterfaden auch die Striche der Teilung zu sehen, von denen ein unter dem Prisma liegender, mit dem Faden in Deckung zu sein scheint.

Erblickt man den Diopterfaden also auf 0°, so fällt die Diopterebene mit dem magnetischen Meridian zusammen, man visiert in der Richtung Süd-Nord, und dreht man darauf Büchse und Diopterebene, bis der Faden einen Zielpunkt deckt, wobei er auf α^0 erscheinen möge, so ist α der Neigungswinkel der Visierlinie gegen den magnetischen Meridian, ihr magnetisches Azimut. Wenn die Drehung vom magnetischen Meridian aus rechts herum erfolgt, also die Azimute in der Richtung der Uhrzeigerbewegung gemessen werden, was im Folgenden immer vorausgesetzt werden soll, so muss (Fig. 41) auch die Bezifferung des Kreises der Uhrzeigerbewegung folgen.

Fig. 41.

Bei allen anderen, als den Schmalkalderbussolen — die, weil sie zweierlei, Objekt und Teilung, zugleich zu sehen gestatten, den auf der Reflexion und Brechung des Lichts beruhenden Winkelmessinstrumenten (Winkelspiegel und -Prisma, Prismenkreuz) analog sind und deshalb wie diese den Vorzug haben, keiner festen Aufstellung zu bedürfen — soll die Bezifferung in der entgegengesetzten Richtung laufen (Fig. 42) und 0° am N-Zeichen stehen, d. h. in der Richtung der Visur. Bei ihnen dreht sich auch der Kreis, wenn die Visirlinie gedreht wird, er gleitet an der feststehenden Nadel vorbei. Die neue Einstellung des Nordendes der Nadel ist sofort das magnetische Azimut der Visierlinie, wenn die Bezifferung entgegengesetzt dem Uhrzeiger läuft. Feste Aufstellung der Bussole auf einem Stativ während des Visierens und Ablesens ist für genauere Messungen unerlässlich.

Fig. 42.



Die Ebene des magnetischen Meridians geht in Deutschland durch eine Drehung von cc. 11° nach rechts in die des astronomischen über. Der Winkel zwischen beiden Ebenen heisst die magnetische Deklination oder Missweisung. Diese ist verschieden mit der geographischen Lage, sie nimmt an demselben Orte langsam mit der Zeit ab und erleidet ausserdem periodische Aenderungen im Laufe eines Tages. Während aber diese (säkularen und täglichen) Aenderungen so gering sind und so langsam vor sich gehen, dass sie bei einer Vermessung unbeachtet bleiben können, treten bisweilen — bei Nordlichtern — plötzliche und starke Aenderungen der Deklination auf, die eine zeitweilige Unterbrechung der Messungen nötig machen.

Da die Nadel durch Eisen aus dem magnetischen Meridian abgelenkt wird, so muss erstens der ganze übrige Messapparat eisenfrei gearbeitet sein, und zweitens darf bei den Messungen kein Eisen in der Nähe der Bussole sich befinden. Sie kann also im besonderen auch nicht zu Messungen auf eisenhaltigem Boden benutzt werden.

Wenn die Visiervorrichtung ein Diopter ist, so steht dasselbe immer zentrisch zur Kreisteilung; ist die Bussole aber mit Fernrohr versehen, so liegt dieses vielfach exzentrisch, am Rande der Büchse. Im übrigen ähnelt die Konstruktion besserer Bussoleninstrumente sehr dem Theodolit, die Bussole ist dann entweder zwischen den Fernrohrstützen auf der Alhidade oder auf ihnen oberhalb des Fernrohrs angebracht. Bei den Tachymeter-Theodoliten (§ 27) ist Bussole und Theodolit verbunden, dann sitzt meist die Bussole (wie eine Reiterlibelle) auf der Kippaxe des Fernrohrs.

Die Bedeutung der Bussole als geodätisches Instrument beruht auf der durch die unveränderliche Einstellung ihrer Nadel gegebenen Möglichkeit, absolute Azimute leicht zu messen, während beim Theodolit die (astronomischen) Azimute aus den Polygonwinkeln (und einem Anfangsazimut) erst durch Rechnung abgeleitet werden mussten. Beim Theodolit pflanzten sich die im Anfangsazimut oder in einem Polygonwinkel liegenden Fehler auf alle folgenden Azimute fort, bei der Bussole ist ein bei der Messung eines Seiten-Azimuts begangener Fehler ohne Einfluss auf alle übrigen Azimute.

Ein weiterer Unterschied zwischen den beiden Messinstrumenten besteht — wie die Fehlerrechnung lehrt — darin, dass, wenn man von einem Punkte ausgehend auf einer vielfach gebrochenen Linie bis zu einem Endpunkte (der beim geschlossenen Polygon gleich ist dem Anfangspunkte) misst, der Fehler in dessen Lage bei der Theodolitenmessung um so kleiner, bei der Bussolenmessung aber um so grösser ist, je länger die Zielweiten sind. Daraus folgt, dass der Theodolit mit langen, die Bussole mit kurzen Polygonseiten arbeiten soll.

Ein Vorzug der Bussole ist noch der, dass Fehler in der Einlotung der Bussolendrehaxe auf den Stationspunkt (Zentrierungsfehler) viel weniger Einfluss auf das Resultat gewinnen, als beim Theodolit.

Demnach ist die Bussole bei der Vermessung eines (geschlossenen oder offenen) Polygons mit kurzen Seiten mit Vorteil zu gebrauchen, obwohl jede einzelne Azimutbestimmung wegen der gewöhnlich nur auf $1/2^0$ ausgeführten Kreisteilung höchstens auf $0^0,1$ genau ausgeführt werden kann. Nur muss jede Annäherung von Eisen an die Nadel peinlich vermieden werden. Man verwendet deshalb die Bussole z. B. bei der Einmessung der Details eines Waldes, dessen Umfang mit dem Theodolit aufgenommen ist, ferner zur Aufnahme der Wege, der Wasserläufe und Bestandesgrenzen eines Reviers, und überall da, wo nur auf kurze Strecken freie Sicht ist (Wälder mit dichtem Unterholz, Gebüsch).

Eine Bussole muss öfters auf ihre Empfindlichkeit geprüft werden. Man stelle die Kreisteilung horizontal, lese den Stand der Nadel ab, bringe sie durch angenähertes Eisen aus ihrer Lage und sehe nach, ob sie wieder genau in dieselbe zurückkehrt. Wenn nicht, ist entweder die Spitze, auf der die Nadel schwebt, stumpf, d. h. die Reibung gross, oder die Nadel zu schwach magnetisch. Durch leises Klopfen auf die Verschlussplatte der Büchse lässt sich eine von Reibung freiere Einstellung erzielen.

Wenn man die Bussole recht langsam um ihre Vertikalaxe dreht, so muss die Nadel vollkommen ruhig bleiben und bei Aufhören der Drehung sofort die Ablesung gestatten. Doch wird man bemerken, dass bei anderem Sinn der Drehung auch die Ablesung (wegen der Reibung) etwas anders ausfällt. Deshalb soll man, wenn grössere Genauigkeit angestrebt wird, die Einstellung auf ein Objekt zweimal bei verschiedenem Drehungssinn machen und aus beiden Ablesungen das Mittel nehmen.

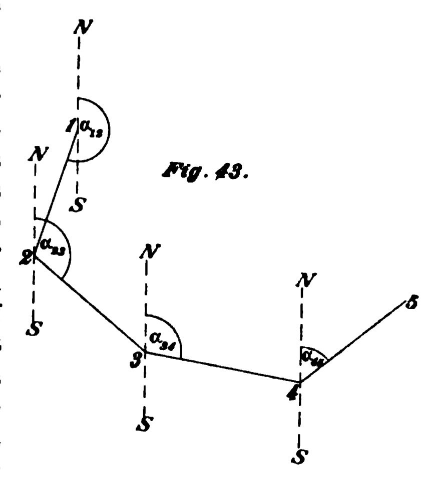
Verschiedene, schon beim Theodoliten besprochene Konstruktionsfehler finden sich auch bei der Bussole und werden wie dort eliminiert durch Ablesen an zwei diametral gegenüberliegenden Indices auf der Nadel (Nord- und Südspitze) und durch Beobachtung auch mit durchgeschlagenem Fernrohr. Die Absehlinie desselben (resp. die Diopter-

ebene) soll der durch den Durchmesser 0°—180° des Teilkreises gehenden Vertikalebene parallel sein; ist sie um δ^0 gegen dieselbe geneigt, so erhält man die Azimute nicht bezogen auf den magnetischen Meridian, sondern um $\pm\delta^0$ fehlerhaft.

Die Vermessung eines geschlossenen Polygons kann durch Messung der Azimute sämtlicher Seiten und deren Längen und Berechnung der Koordinaten der Eckpunkte erfolgen. Kommt es aber weniger auf die Kenntnis der Flächengrösse, als auf die Herstellung einer Karte an, so kann man auch die gemessenen Azimute direkt an die Nordrichtungen (das eine System paralleler Geraden auf dem Koordinatenpapier) mittelst Winkeltransporteurs antragen oder auch, wenn die Bussole eine ebene Grundplatte und eine zum Durchmesser 0°—180° parallele Kante hat, sie direkt auf das Zeichenblatt „abschieben", d. h. auf dem in unveränderlicher Lage befestigten Blatt die Kante so um einen Punkt drehen, dass die Nadel ein beobachtetes Azimut anzeigt, worauf die Kante parallel der betr. Polygonseite auf dem Gelände liegt, u. s. w.

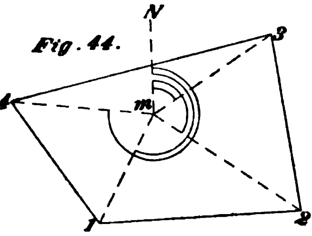
Zweckmässig verfährt man wohl auch bei Herstellung der Figur so, dass man sämtliche gemessenen Azimute an eine gemeinsame Nordrichtung mittelst des Vollkreistransporteurs aufzeichnet und durch das bekannte Abschieben (Parallelschieben) mit Lineal und rechtwinkligem Dreieck die Polygonseiten auf der Karte herstellt.

Bei dieser Umfangsaufnahme ist es indessen nicht erforderlich, die Bussole in jedem Eckpunkte aufzustellen. Denn man kann von einem Punkte aus die Azimute der beiden Polygonseiten messen, welche in ihm zusammenstossen. Man stelle (Fig. 43) die Bussole z. B. im Punkte 2 auf, visiere Punkt 3 an und bekommt durch Ablesen der Nordspitze das Azimut $N_{23} = \alpha_{23}$. Zugleich erhält man beim Anvisieren von Punkt 1 das Azimut N_{21}, welches um 2 R kleiner ist, als das Azimut $N_{12} = \alpha_{12}$. Dieses ergiebt sich also aus N_{21} durch Addition von 2 R oder einfacher durch die Ablesung der Südspitze der Nadel. Nun begebe man sich sofort mit der Bussole auf Punkt 4, stelle auf Punkt 5 ein und erhält durch Ablesung der Nordspitze das Azimut α_{45} von 4 nach 5 und bei Einstellung auf Punkt 3 und Ablesung der Südspitze das Azimut α_{34} von 3 nach 4. Bei der Methode der Springstände spart man die Hälfte der Aufstellungen und daher Zeit.



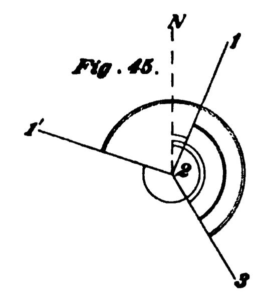
Beim Transport der Bussole von einem Punkt zum andern muss, um die Axenspitze zu schonen, die Nadel immer von ihr mittelst einer Arretierungsvorrichtung abgehoben und festgeklemmt werden.

Wenn die aufzunehmende Fläche (z. B. eine Waldblösse) freie Uebersicht gestattet, so empfiehlt sich die Vermessung von einem einzigen Standpunkt aus als einfacher und weniger zeitraubend. Dieser Punkt m (Fig. 44) kann innerhalb oder ausserhalb der Fläche liegen, jedoch so, dass von ihm aus alle Eckpunkte des Polygons resp. sonstige in die Aufnahme einzubeziehende Punkte anvisiert werden können. Man visiert der Reihe nach alle Eckpunkte an und erhält die Azimute ihrer Verbindungslinien mit m. Ausserdem sind deren Längen zu messen. Geschieht diese Messung mit einer an der Bussole an-



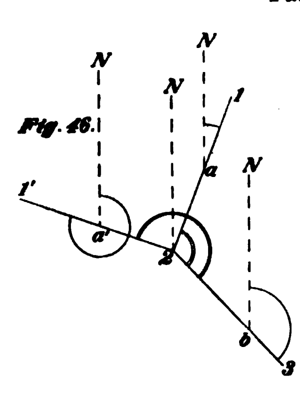
gebrachten distanzmessenden Vorrichtung (§ 20), so wird viel Zeit gespart, und die Methode ist auch auf unbetretbare Flächen anwendbar.

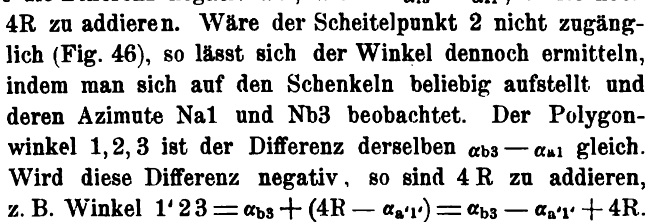
Die Karte des Polygons erhält man dann durch Abschieben der gemessenen Azimute an eine Gerade mN und Auftragung der Entfernungen m1, m2 . . . . . auf die Winkelschenkel. Die Punkte 1, 2 . . . sind so durch ihre Polarkoordinaten bestimmt.



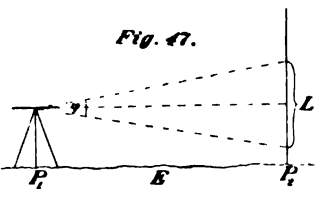
Die Fläche des Polygons wird am bequemsten mittelst Planimeter (§ 22) gefunden.

Wenn auch gewöhnlich die Messungen mit der Bussole auf die Ermittelung von Azimuten hinauslaufen, so können doch auch Polygonwinkel mit ihr bestimmt werden. Der Winkel 1, 2, 3 (rechtsherum) (Fig. 45) ist die Differenz der Azimute des rechten Schenkels 2, 3 und des linken 2, 1: $\alpha_{23} - \alpha_{21}$. Fällt die Differenz negativ aus, wie bei $\alpha_{23} - \alpha_{21}'$, so ist noch 4R zu addieren. Wäre der Scheitelpunkt 2 nicht zugänglich (Fig. 46), so lässt sich der Winkel dennoch ermitteln, indem man sich auf den Schenkeln beliebig aufstellt und deren Azimute Na1 und Nb3 beobachtet. Der Polygonwinkel 1, 2, 3 ist der Differenz derselben $\alpha_{b3} - \alpha_{a1}$ gleich. Wird diese Differenz negativ, so sind 4 R zu addieren, z. B. Winkel $1'23 = \alpha_{b3} + (4R - \alpha_{a'1'}) = \alpha_{b3} - \alpha_{a'1'} + 4R$.





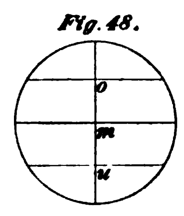
§ 20. **Die Distanzmesser.** Theodolit und Bussole werden jetzt meist mit einer Vorrichtung zum Distanzmessen versehen, welche gestattet, die Entfernung des Instruments von dem anvisierten Punkt zu bestimmen, ohne dass es nötig wäre, die Strecke mit einem Massstab zu begehen. Wenn auch die hierbei erreichte Genauigkeit der Entfernungsbestimmung geringer ist, als beim direkten Messen, so empfiehlt sich diese Methode doch durch ihre rasche Ausführbarkeit und durch ihre Unabhängigkeit von Hindernissen, die ein Betreten des Abstands der beiden Punkte verbieten (Bepflanzung, Wasser). Die einzige Bedingung ist freie Visur zwischen den beiden Punkten, in deren einem das Instrument, während in dem anderen eine Hülfslänge aufgestellt werden muss. Eine solche ist immer unentbehrlich, doch kann sie sich auch am Orte des Instruments befinden — in welchem Fall sie mit ihm verbunden und deshalb nur kurz ist. Derartige Distanzmesser, deren Vorteil darin liegt, dass man mit ihnen auch die Entfernung eines gänzlich unzugänglichen Punkts, wenn man ihn nur anzuvisieren vermag, bestimmen kann, gewähren nur geringere Genauigkeit und werden wohl für militärische, nicht aber für Vermessungszwecke gebraucht. Hier haben wir es nur mit den **Distanzmessern mit Latte** zu thun, die Latte wird am einen Endpunkt der zu messenden Strecke aufgestellt und mit dem am anderen befindlichen Instrument anvisiert.



Es mögen die beiden Endpunkte P_1 und P_2 zunächst im gleichen Horizont angenommen werden. Die horizontale Entfernung $P_1P_2 = E$ (Fig. 47) lässt sich dann aus dem Winkel φ, den die Visierlinien nach zwei Punkten der Latte einschliessen, und dem durch sie ausgeschnittenen Lattenstück L berechnen. Bei variabler Entfernung E kann nun entweder φ dieselbe Grösse behalten und L sich ändern oder umgekehrt.

Der bei weitem gebräuchlichste geodätische Distanzmesser beruht auf ersterem

Prinzip. Ein konstanter Gesichtswinkel wird in das Fernrohr des Theodolits oder der Bussole eingeführt durch Einziehen noch zweier Fäden, die von dem Horizontalfaden des Fadenkreuzes nach oben und unten gleichweit abstehen (Fig. 48). Durch diese einfache Zugabe wird das Fernrohr zu einem distanzmessenden. Visiert man durch ein solches Fernrohr nach einer senkrecht aufgestellten geteilten Latte und liest die von dem oberen (o) und unteren (u) Faden gedeckten Teilstriche ab, so ist die Entfernung D der Latte von dem Fernrohrobjektiv durch folgende Gleichung gegeben:



Fadenkreuz des distanzmessenden Fernrohrs.

$$D = f + \frac{f}{a} . L,$$

wo a = ou = dem Abstand der Fäden, L die Differenz der Ablesungen am oberen und unteren Faden, d. h. das zwischen den Fäden eingeschlossene Lattenstück, und f die Brennweite der Objektivlinse ist. Die Entfernung E der Latte von der **Mitte** des Fernrohrs ist

$$E = D + \tfrac{1}{2} f,$$

da die ganze Länge des Fernrohrs nur wenig grösser als f ist. Also

$$E = \tfrac{3}{2} f + \frac{f}{a} . L = c + k . L.$$

c ist eine meist 0,5 m nicht überschreitende Korrektionsgrösse, k macht man gleich 100, weil dann die in cm abgelesene Zahl L sogleich die gewünschte Entfernung in m giebt, — von der Korrektion c abgesehen.

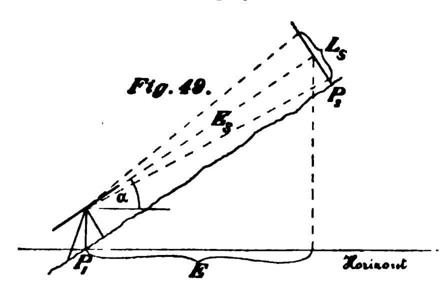
Als Latte kann eine gewöhnliche, in cm geteilte Nivellierlatte benutzt werden. Doch ist es, da beim Distanzmessen meist viel grössere Entfernungen vorkommen, als beim Nivellieren, rätlich, das Ablesen durch Anbringung besonderer, deutlicher Marken an den Hauptabschnitten der Teilung, etwa von m zu m, oder schon von $^1/_2$ m zu $^1/_2$ m zu erleichtern.

Um zu prüfen, ob c und k die vom Mechaniker angegebenen Werte haben, ob namentlich k = 100 ist, stecke man eine Anzahl Punkte einer Geraden in verschiedenen Entfernungen E vom Instrument mittelst Massstäben ab, stelle in ihnen die Distanzlatte auf und setze die gemessenen E und D in die Gleichung E = c + k . L ein. Die Auflösungen des so erhaltenen Gleichungssystems geben die Werte von c und k. Man achte beim Einstellen auf die Latte behufs scharfer Messung von L auf vollkommene Beseitigung der Parallaxe; die Fäden dürfen beim vertikalen Verschieben des Auges vor dem Okular keinerlei Bewegung gegen die Teile der Latte zeigen. Senkrechte Stellung der Latte wird entweder durch angehängtes Senkel oder durch eine angeschraubte Libelle erreicht.

Bei grosser Entfernung und nicht genügender Länge der Latte kann der Gesichtswinkel der Fäden den der ganzen Latte übertreffen. Dann liest man an dem einen der Distanzfäden und am Mittelfaden des Fadenkreuzes ab und verdoppelt das abgelesene Lattenstück. Ebenso verfährt man, wenn die Ablesung am oberen oder unteren Faden behindert sein sollte (durch Hereinragen der Latte in Baumzweige oder ihre Aufstellung in Unterholz). Die Ablesung am Mittelfaden ist aber auch in jedem anderen Falle empfehlenswert, weil sie immer dem arithmetischen Mittel aus den Ablesungen am oberen und unteren Faden gleich sein muss und deshalb eine gute Kontrolle der Beobachtungen bildet.

Der Parallelismus zwischen der Ziellinie des Fernrohrs und dem zu messenden Abstand P_1P_2 wird auch bei gegen den Horizont geneigter Lage von P_1P_2 (Fig. 49) beibehalten, indem man den Mittelfaden auf denjenigen Teil der Latte einstellt, welcher die Höhe des Fernrohrs über P_1 angiebt. Ist eine grössere Zahl von Entfernungen von P_1 aus zu messen, so erleichtert man sich diese Einstellung durch Anbringen einer

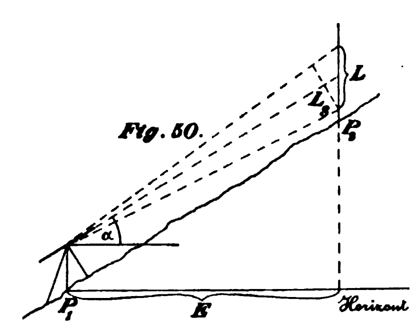
Marke (Zielscheibe) an dem betreffenden Lattenstrich. Will man nun auch jetzt, wie bei horizontalem P_1P_2, die Visierlinie senkrecht zur Latte haben, so muss die Latte gegen die Vertikale geneigt gehalten werden. Der Lattenträger erkennt die richtige Stellung, indem er durch ein senkrecht zur Latte angebrachtes Diopter nach dem Fernrohr visiert, und er kann sich das ruhige Halten der Latte in dieser unbequemen Stellung erleichtern durch Eindrücken einer an der Latte drehbaren Strebe in den Erdboden. Das abgelesene Lattenstück L_s (Fig. 49) liefert — wenn wir die kleine Konstante c vernachlässigen — die schiefe Entfernung $E_s = k \cdot L_s$, woraus die horizontale Entfernung E annähernd genau folgt zu



$$E = E_s \cdot \cos\alpha = k \cdot L_s \cdot \cos\alpha,$$

wo α, der Winkel zwischen Visierlinie und Horizont, an einem Höhenkreise des Instruments zu bestimmen ist.

Die schiefe Stellung der Latte wird aber jetzt nur noch bei den Schiebe-Tachymetern (§ 27) angewandt, sonst gebraucht man nur die lotrechte Stellung (Fig. 50). In ihr wird abgelesen das Lattenstück L, welches gleich $\frac{L_s}{\cos\alpha}$. Bei schiefer, d. h. gegen die Ziellinie senkrechter Stellung der Latte würde man also abgelesen haben $L_s = L \cdot \cos\alpha$, woraus



$$E_s = k \cdot L \cdot \cos\alpha \quad \text{und}$$
$$E = E_s \cdot \cos\alpha = k \cdot L \cdot \cos^2\alpha.$$

Nach dieser Formel ist aus L und cos α die horizontale Entfernung E zu berechnen. Die Genauigkeit ist trotz mannigfacher Vernachlässigungen bei der Ableitung der Formel fast immer ausreichend; allenfalls kann man noch die Korrektionsgrösse $c \cdot \cos\alpha$ zu $k \cdot L \cdot \cos^2\alpha$ addieren.

Es sei hier schon bemerkt, dass der Okularfaden-Distanzmesser, sobald er — was ja schon für die Messung schiefer Entfernungen nötig wird — mit einem Höhenkreis versehen ist, auch den Höhenunterschied von P_1 und P_2 giebt. Denn nach der letzten Figur ist derselbe

$$H_2 - H_1 = E \cdot tg\,\alpha = k \cdot L\, tg\,\alpha \cdot \cos^2\alpha$$
$$H_2 - H_1 = \frac{1}{2} k \cdot L \cdot \sin 2\alpha.$$

wo der bei mässigem α sehr kleine Summand $c \cdot \sin\alpha$ vernachlässigt ist.

Tabellenwerke (Hilfstafeln für Tachymetrie von Jordan) ersparen die Berechnung von E und $H_2 - H_1$, auch graphische Hilfsmittel sind im Gebrauch.

Auf dem zweiten Prinzip — Hilfslänge L konstant und ihr Gesichtswinkel φ variabel bei variablem E — beruht der Distanzmesser von Stampfer. Die konstante Länge L ist dargestellt durch den Abstand zweier an einer senkrecht gestellten Latte befindlicher Zieltafeln (kreisförmige Bleche mit verschiedenfarbigen Sektoren), der Winkel φ wird nicht direkt gemessen — wie man, wenn ein Theodolit mit Höhenkreis zur Verfügung steht, auch tun könnte —, sondern durch die Anzahl der Umdrehungen einer fein geschnittenen Schraube bestimmt, die nahe dem Okularende des Fernrohrs angreift und dasselbe um eine, nahe dem Objektiv liegende Horizontalaxe dreht. Das

(einfache) Fadenkreuz wird nach einander auf die beiden Zielscheiben eingestellt, und die Zahl s der zur Ueberführung von der einen auf die andere erforderlichen Schraubenumdrehungen an einer Teilung abgelesen. Die Entfernung ist dieser Zahl umgekehrt und dem Abstand der Zieltafeln direkt proportional, eine in die Formel noch eingehende Instrumentenkonstante k ist durch den Versuch (Distanzmessung einer bekannten Entfernung) zu bestimmen, also (für horizontale Lage von P_1P_2):

$$E = k \cdot \frac{L}{s}.$$

Die Vorteile des in jedem Fernrohr leicht anzubringenden, Okularfadendistanzmessers vor der Stampfer'schen Einrichtung liegen auf der Hand.

§ 21. **Der Messtisch.** Die Bedeutung des Messtischs als geodätisches Instrument ist in den letzten Jahrzehnten immer geringer geworden, die ihm früher zugewiesenen Arbeiten sind mehr und mehr dem Theodolit übertragen. Für Zwecke des Katasters darf er meist nicht mehr gebraucht werden, seine Anwendung beschränkt sich gewöhnlich auf rein topographische Aufnahmen, Einzeichnung der Einzelheiten in Pläne und Karten, Vorarbeiten für genauere Vermessungen (Herstellung eines Handrisses). Für solche flüchtige Aufnahmen, sogenannte Rekognoszierungsarbeiten ist er vortrefflich, doch bedarf es dazu in Anbetracht der verlangten geringeren Genauigkeit nur einfach gebauter Instrumente. Da ferner ein nutzbringender Gebrauch des Messtischs möglichst übersichtliches Terrain verlangt, so ist auch schon deshalb seine Anwendbarkeit in der Forstvermessung geringer und die Kürze der folgenden Besprechung gerechtfertigt.

Ein Messtischapparat besteht aus dem Tischblatt, welches auf ein dreibeiniges Stativ aufgesetzt wird und in einer Horizontalebene drehbar sein muss — aus einer Vorrichtung zum Anvisieren der Aufnahms-Objekte (Diopter oder Fernrohr), welche mit einem Lineal zum sofortigen Aufzeichnen der Visierstrahlen verbunden ist und dann Diopterlineal resp. Kippregel heisst — aus einer Lotgabel zum Projizieren eines Punkts auf dem Felde auf das Tischblatt oder umgekehrt eines Bildpunkts auf das Feld — einer Bussole ohne Visiervorrichtung, jedoch mit ebener Grundfläche der Büchse und einer zum Durchmesser 0—180 parallelen Kante (Orientierungsbussole) — aus verjüngtem Massstab, Zirkel, zungenförmig gespitztem Bleistift und Gummi. Auf dem Tischblatt wird das Zeichenpapier mit Eiweissschaum und Wasser aufgeklebt und an den Seiten mit Leim befestigt. Das Tischblatt ist mittelst Libelle horizontal zu stellen. Um einen oder mehrere Winkel mit gemeinsamem Scheitel auf dem Messtisch abzubilden, bringt man den Tisch über den Scheitel, bezeichnet mittelst der Lotgabel den ihm entsprechenden Punkt auf dem Tischblatt, visiert den Endpunkt eines der Winkelschenkel an, indem man zu gleicher Zeit das Lineal, dessen Kante die Projektion der Absehrichtung auf das Tischblatt sein soll, an das Bild des Scheitels anschiebt, und zieht an der Linealkante her mit Bleistift das Bild des Winkelschenkels. Wenn die Kippregel mit Okularfadendistanzmesser versehen ist, so kann man den Endpunkt des Winkelschenkels durch eine Distanzlatte markieren lassen und sogleich die Entfernung mittelst verjüngten Massstabs auf das Tischblatt auftragen — womit nun auch der Schenkelendpunkt im Bilde festgelegt ist. Die übrigen von demselben Scheitel ausgehenden Schenkel werden in der gleichen Weise gezeichnet, doch darf selbstverständlich während dessen das Tischblatt keinerlei Drehung um seine Vertikalaxe erfahren.

Mittelst dieses Polar-Verfahrens kann man ein ganzes Polygon auf dem Messtisch abbilden, wenn man sich mit ihm in irgend einem Punkt aufstellt, von dem aus sämtliche Eckpunkte (und sonstige Punkte seines Innern) anvisiert werden können. Die Methode eignet sich also zur Aufnahme von offenem Gelände. Eine Kontrolle über

die Richtigkeit der Vermessung lässt sich nur dadurch ausüben, dass man einzelne überschüssige Längen (Verbindungslinien von Eckpunkten) misst und in die Zeichnung einpasst.

Wenn von dem einen Punkt aus nicht alle aufzunehmenden Objekte sichtbar sind, so geht man mit dem Tisch nach einem zweiten Punkt, dessen Bild sich bereits auf dem Messtisch befindet, lotet das Bild auf den Punkt ein und „orientiert" den Tisch nach einer Verbindungslinie dieses Punkts mit einem der anderen, früher aufgenommenen, d. h. man stellt das Bild dieser Verbindungslinie schon während der Einlotung nach Augenmass in ihre Richtung ein, schiebt das Lineal der Kippregel an sie an, und stellt durch Drehung des Messtischs das Fernrohr auf den früher aufgenommenen Punkt ein. Nun sind alle auf dem Messtisch schon gezeichneten Linien den ihnen auf dem Feld entsprechenden parallel. Von dem zweiten Punkt aus werden jetzt möglichst viele der noch aufzunehmenden Punkte anvisiert u. s. w., nötigenfalls noch von einem dritten Punkt aus. Die Orientierung kann statt nach einer der früheren Visuren auch mittelst der Bussole geschehen. Man lässt diese zu Beginn der Aufnahme einspielen und zieht eine dem Durchmesser 0—180 parallele Gerade, das Meridianzeichen.

Behufs Orientierung auf einer der späteren Aufstellungen des Messtischs ist die Bussole an diesen Strich anzuschieben, und der Messtisch zu drehen, bis die Nadel einspielt.

Die Polarmethode hat den Vorteil weniger (im Prinzip nur einer) Aufstellungen des Tischs, aber den Nachteil vieler Längenmessungen. Eine andere, die Basismethode oder das Vorwärtseinschneiden, kommt im Prinzip mit nur einer Längenmessung und zwei Aufstellungen aus. Es werden hier von einem Punkte aus, von dem alle aufzunehmenden sichtbar sein mögen, die Visuren nach diesen genommen, aber ohne dass ihre Ausmessung nötig wäre. Nur nach einem Punkte hin, von dem aus ebenfalls alle aufzunehmenden sichtbar seien, wird ausser der Visur auch die Entfernung — Basis — genommen und auf das Tischblatt übertragen. Bringt man nun den Tisch über diesen Punkt, Bild vertikal über Objekt, orientiert nach der ersten Aufstellung und zieht wieder die Visurstrahlen nach allen anderen Punkten, so sind die Bilder dieser durch die Schnitte je zweier entsprechender Strahlen gegeben. Man kann natürlich, wenn von dem zweiten Aufstellungspunkt aus nicht alle vorher anvisierten Punkte sichtbar sind, zu einem geeigneten dritten Aufstellungspunkte übergehen — den man vom zweiten aus bereits abgebildet hat — also eine zweite Basis einführen, und von ihm aus die noch ungeschnittenen Rayons durchschneiden, auch zur Kontrolle versuchen, ob die Visur nach einem der bereits abgebildeten Punkte auch durch sein Bild hindurchgeht.

Die Aufstellungen des Tischs wähle man so, dass zusammengehörige Rayons sich möglichst unter nicht zu stark von 90° abweichenden Winkeln schneiden.

In jedem Falle anwendbar ist eine dritte, die Umfangsmethode. Man stellt den Messtisch der Reihe nach in den Eckpunkten des Polygons auf und bildet jedesmal nur die folgende Umfangsseite ab, indem man nach der zuletzt abgebildeten orientiert. Wird aber die Orientierung mit der Bussole ausgeführt, so braucht man den Tisch nur auf jedem zweitfolgenden Eckpunkt aufzustellen, von dem aus dann die Abbildung beider in dem Punkt sich treffenden Seiten geschieht. Die Beobachtungs- und Zeichenfehler summieren sich bei dieser Methode und bewirken, dass man für den letzten Eckpunkt meist einen Bildpunkt erhält, der mit dem zu Beginn der Umgehung gezeichneten Bildpunkt sich nicht deckt. Die Entfernung beider soll höchstens $^1/_{500}$ des Polygonbildumfangs betragen. Man gleicht die Zeichnung nach dem praktischen Gefühl aus. Um einen grösseren Fehler sogleich entdecken zu können, empfiehlt es sich, einen

von mehreren Eckpunkten aus sichtbaren Punkt öfters anzuvisieren und darauf zu achten, dass sich alle Rayons nach ihm auch in einem Punkte, seinem Bildpunkt, schneiden. Statt eines Polygons mit sehr vielen Seiten nimmt man ein sich ihm möglichst anschliessendes mit weniger Seiten mit dem Messtisch auf und trägt die übrigen Eckpunkte nach, indem man ihre Koordinaten mit dem Winkelspiegel etc. bestimmt.

Die Ueberlegenheit des Theodoliten über den Messtisch erhellt allein schon aus der Bemerkung, dass die Aufnahme mit dem Theodolit Zahlen liefert, die jederzeit zur Herstellung beliebig vieler gleichwertiger Karten benutzt werden können, während die Messtischaufnahme nur eine Karte giebt, aus der nur minderwertigere Kopien herzustellen sind. Die Theodolitaufnahme verschafft auch die Kenntnis der Flächengrösse direkt aus gemessenen Grössen, wogegen in die Flächenermittelung aus einer Messtischaufnahme auch die Zeichenfehler eingehen.

Die Zukunft gehört nicht den grossen Messtischen mit ihrem theodolitartigen Unterbau und der grossen, mit Höhenkreis und allen Korrektionsvorrichtungen versehenen Kippregel, sondern den kleinen, handlichen, ohne feinere Zuthaten gebauten Tischchen mit einem Diopterlineal oder besser ganz einfacher, aber mit distanzmessendem Fadenkreuz und Höhenkreissektor versehenen Kippregel.

§ 22. Die Bestimmung des Flächeninhalts. Der Flächeninhalt einer aufgenommenen Figur wird am schärfsten durch ein Verfahren bestimmt, welches ausschliesslich die auf dem Felde gemessenen Grössen benutzt (direkte Flächenbestimmung). Man wird deshalb dieses Verfahren immer dann einschlagen, wenn die nötigen Masszahlen bei der Aufnahme erhalten wurden und wenn eine genaue Kenntnis des Flächeninhalts verlangt wird. Wenn aber die erhaltenen Masszahlen nicht ausreichen (z. B. bei der Messtischaufnahme, wo Längen gemessen, Winkel aber ohne Messung nur abgebildet werden), oder wenn es auf eine genaue Kenntnis der Fläche nicht ankommt, dann kann man dieselbe auch dem Plan entnehmen (Indirekte Flächenbestimmung). Sie fällt ungenauer aus, weil zu den Beobachtungsfehlern noch die Zeichenfehler und die aus der Uebertragung der gezeichneten Grössen wieder in Masszahlen entspringenden Fehler hinzutreten. Ferner ändert sich die Grösse des Zeichenpapiers bei sich änderndem Feuchtigkeitsgehalt, und zwar verschieden stark in verschiedenen Richtungen.

Ueber die direkte Berechnung der Fläche aus Koordinaten oder aus den Messungen genügend vieler Seiten und Diagonalen ist in den §§ 12, 13, 18 schon das Nötige gesagt worden.

Eine indirekte Flächenbestimmung kann man ohne weitere Hilfsmittel so ausführen, dass man den Plan, namentlich wenn die Figur geradlinig begrenzt ist, durch feine Bleistiftlinien in Dreiecke, Parallelogramme und Paralleltrapeze zerlegt, in diese die erforderlichen Hilfslinien, die Höhen, einzeichnet und nun die zur Flächenbestimmung nötigen Längen aus dem Plan auf den verjüngten Massstab überträgt. Das Mühsame dieses Verfahrens haftet auch der Quadrattafel, einer Tafel aus Glas, auf die ein Netz von Quadratmillimetern eingerissen ist, und der Harfe noch an. Letztere besteht aus einem Rahmen, auf den in gleichen Abständen parallele Fäden so ausgespannt sind, dass sie sich auf die Karte genau auflegen lassen. Diese zerfällt dadurch in eine Reihe von Paralleltrapezen gleicher Höhe; man misst die Längen ihrer parallelen Seiten mit einem (Hunderter-)Zirkel u. s. w.

Seit der Erfindung des Amsler'schen Polarplanimeters und der an dieses anknüpfenden Apparate, die sich durch Bequemlichkeit der Anwendung und in ihren einfacheren Formen auch durch Billigkeit auszeichnen, sind die vorgenannten Apparate ganz in den Hintergrund getreten. Mit diesen Planimetern umfährt man ein-

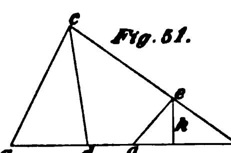
fach den Plan und erhält sodann ohne weitere Rechnung aus zwei beim Beginn und Ende der Umfahrung gemachten Ablesungen am Apparat die Grösse der umfahrenen Fläche. Neben den Polarplanimetern, bei denen eine Drehung des ganzen Instruments um eine feststehende Axe stattfindet, hat man Rollplanimeter konstruiert, welche verschiedene Vorteile vor den Polarplanimetern voraus haben. Es sei nur der praktische Vorteil erwähnt, dass die Karte in der Rollrichtung des Instruments von unbegrenzter Ausdehnung sein darf, während freilich ebenso wie beim Polarinstrument, die Ausdehnung der Fläche senkrecht zur Rollrichtung ein gewisses Mass nicht überschreiten darf. Breitere Karten müssen deshalb in einzeln zu umfahrende Streifen zerlegt werden.

Eine Beschreibung dieser Planimeter kann hier unterbleiben, da die Fabrikanten ihnen ausführliche Gebrauchsanweisungen beigeben.

§ 23. Die Teilung einer Fläche. Die Aufgabe, eine Fläche in eine Anzahl von Teilen zu zerlegen, die einander gleich sind oder in gegebenen Verhältnissen stehen, tritt in der Forstwirtschaft besonders bei der Einteilung eines Waldes in Jahres- oder Periodenschläge auf; sie soll im folgenden nur als reine Flächenteilungsaufgabe gelöst werden, d. h. unter der Voraussetzung, dass die Ertragsfähigkeit (die Bonität) der ganzen Fläche die gleiche ist. Der direkte Weg zur Lösung ist, alle nötigen Grössen nur auf dem Felde zu messen, aus ihnen die Teilungslinien zu berechnen und sie dann auf das Feld zu übertragen. Der indirekte Weg benutzt den Plan der Fläche: man zieht auf ihm mittelst Konstruktion oder nach dem Augenmass die Teilungslinien, prüft im letzteren Falle die Richtigkeit ihrer Lage durch Umfahrung mit dem Planimeter und korrigiert sie entsprechend. Schliesslich überträgt man die Teilungslinien von dem Plan auf das Gelände.

Ein jedes Polygon lässt sich in Dreiecke, Parallelogramme, Paralleltrapeze und Trapezoide zerfällen, es genügt also, nur die Teilung dieser Figuren unter Hervorhebung der wichtigeren Fälle zu besprechen.

a) Teilung eines Dreiecks.

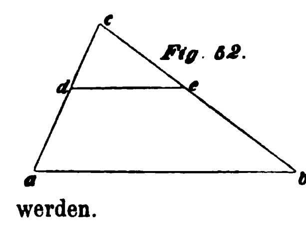


1) Von dem Dreieck abc Fig. 51 mit der Fläche F soll durch eine von c ausgehende Teilungslinie die Fläche adc $= f$ abgeschnitten werden.

Es ist ad $=$ ab $. \frac{f}{F}$ zu machen.

2) Von dem Dreieck abc (Fläche F) Fig. 51 soll durch eine von e ausgehende Teilungslinie die Fläche gbe $= f$ abgeschnitten werden.

Man ermittle die Höhe h des Dreiecks gbe, so ist bg $= 2\frac{f}{h}$.



3) Von dem Dreieck abc (Fig. 52) ist durch die zu ab parallel laufende Teilungslinie de das Dreieck dec $=$ $\frac{1}{m}$. abc abzuschneiden.

Es muss cd $= \sqrt{\frac{\overline{ac}^2}{m}}$ und ec $= \sqrt{\frac{\overline{bc}^2}{m}}$ gemacht werden.

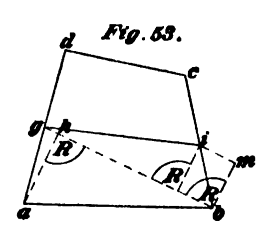
b) Teilung eines Parallelogramms.

4) Bei dieser Aufgabe wird gewöhnlich verlangt, die Teilungslinien zwei Seiten parallel zu legen. Soll also ein Parallelogramm z. B. in 3 Teile zerlegt werden, die im Verhältnis m : n : p stehen, so teilt man die beiden Seiten, welche von den Teilungslinien geschnitten werden sollen, in m $+$ n $+$ p gleiche Abschnitte und steckt die Ver-

bindungslinie der m.ten sowie die der n.ten Teilungspunkte ab.

c) Teilung eines unregelmässigen Vierecks.

Ein Viereck abcd (Fläche F) (Fig. 53) ist in zwei oder mehrere, einander möglichst ähnliche Teile zu zerlegen. Wird z. B. eine Zerlegung in zwei gleiche Teile gefordert, so halbiere man Seite ad und stecke gb ab. Ist nun etwa gi die Teilungslinie, so ist



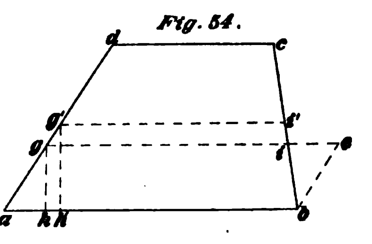
$$\text{gabi} = \frac{F}{2} = \text{gab} + \text{gbi} = \frac{\text{gb} \cdot \text{ah}}{2} + \frac{\text{gb} \cdot \text{ik}}{2}$$

$$\frac{F}{\text{gb}} = \text{ah} + \text{ik}.$$

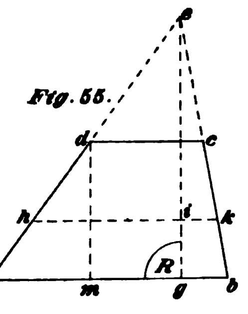
Hieraus berechnet sich die Unbekannte ik, deren Kenntnis dann die Lage des Punkts i ergibt (bm $\perp$ gb, mb $=$ ik, mi $\perp$ bm).

d) Teilung eines Paralleltrapezes.

6) Von dem Paralleltrapez abcd mit der Fläche F Fig. 54 soll parallel der Seite ab die Fläche f abgetrennt werden. Die einfachste, wenn auch nicht die genaueste Methode würde darin bestehen, dass man das Paralleltrapez in grossem Massstab zeichnet, versuchsweise einige Parallele zu ab in den Plan einträgt und durch Umfahren mit einem Planimeter die richtige Teilungslinie feststellt. Verfügt man nicht über ein Planimeter, so findet sich die Höhe eines Parallelogramms abeg von der Fläche f als $\text{gh} = \frac{f}{\text{ab}}$. Man konstruiere gh im Plan und darauf gi. Die gesuchte Teilungslinie liegt also etwas oberhalb gi. Um sie zu finden, nimmt man das Mittel aus ab und gi, dividiert mit ihm in f und findet den etwas grösseren Abstand g'h' von ab für die Teilungslinie g'i'. Ist dc viel kleiner als ab, so ist das Verfahren öfters zu wiederholen, bis die richtige Lage der Teilungslinie sich ergiebt.



Die rein rechnerische Lösung genügt es für den Fall zu geben, dass die Fläche f an der längeren ab der beiden parallelen Seiten ab und dc abgeschnitten werden soll (Fig. 55). Man verlängere ad und bc bis zum Schnittpunkt e und messe eg. So ist — wenn hk die Teilungslinie vorstellt —



$$\text{ei} = \text{eg} \cdot \sqrt{\frac{F-f}{F}}$$

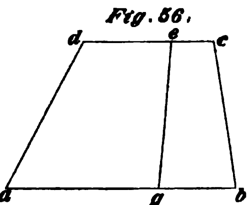
$$\text{ig} = \text{eg} \left(1 - \sqrt{\frac{F-f}{F}}\right)$$

Hiermit ist die Teilungslinie festgelegt.

Ist dc nahe gleich ab, so wird das Aufsuchen von eg unbequem; man berechnet dann die Höhe ig aus den Seiten des Trapezes. Es wird

$$\text{ig} = \frac{2f}{\text{ab} + \sqrt{\text{ab}^2 - \frac{2f\,(\text{ab} - \text{cd})}{\text{dm}}}}$$

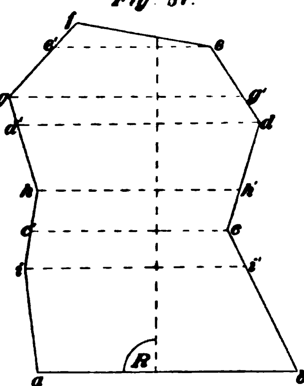
7) Von dem Paralleltrapez abcd (Fläche F) (Fig. 56) soll durch eine Linie eg ein Trapez egbc $=$ f direkt abgetrennt werden, dass gb : ec $=$ ab : dc wird.



Man findet $ec = \frac{f}{F} . dc$ und $gb = \frac{f}{F} . ab$

e) Teilung eines Vielecks.

8) Das Vieleck abcdefghi (Fig. 57) soll in eine Anzahl gleicher Teile derart eingeteilt werden, dass die Grenzlinien der Seite ab parallel laufen.



Die Lösung erfolgt durch wiederholte Anwendung des Verfahrens 6). Man errichtet auf ab eine Senkrechte, fällt auf sie von allen Eckpunkten Perpendikel und verlängert dieselben bis zur Grenze. Die Inhalte der entstehenden Paralleltrapeze und des Dreiecks sind zu berechnen. Von dem Trapez abi'i schneide man zunächst einen der verlangten Teile nach 6) ab. Ist der von abi'i übrig bleibende Rest kleiner als ein Teil, so addiere man zu diesem das folgende Trapez ii'cc'. Ist die Summe zu gross, so schneidet man von ii'cc' ein Paralleltrapez ab, dessen Inhalt dem Zuviel gleich ist u. s. w.

Ist die Anzahl der (gleichen) Teile gross = n, so so wird man zweckmässig zuerst in $\frac{n}{2}$ oder $\frac{n}{3}$ . . . Teile zerlegen und diese zuletzt in 2,3 . . . Teile spalten.

§ 24. Das Kopieren und Reduzieren einer Karte. Die Vervielfältigung einer Karte im gleichen (Kopieren) oder in verschiedenem (Reduzieren) Massstabe kann auf mehrere Arten erfolgen.

1) Das Original wird über das Zeichenpapier gelegt und beides durch Heftnägel auf dem Zeichentisch befestigt. Mit einer (Pikir-)Nadel werden sodann die Punkte des Originals durchstochen und so auf das Zeichenblatt übertragen. Der Nachteil der Methode besteht in der Beschädigung des Originals.

2) Auf das Original wird ein stark durchscheinendes Gewebe, Oel- oder Strohpapier, Pausleinwand, gelegt, befestigt, und dann das Original durchgezeichnet. Die durchgepauste Zeichnung lässt sich eventuell mittelst Pikirnadel auf Zeichenpapier übertragen.

3) Man überziehe das Original mit einem Netz kleiner gleicher Quadrate oder zeichne dieses Quadratnetz auf Pauspapier, das man auf dem Original befestigt — zeichne ein gleiches Quadratnetz auf das Zeichenpapier und trage die Details des Originals, welche in eins der Quadrate fallen, in das entsprechende Quadrat der Kopie nach Augenmass oder mit dem Zirkel über. Soll die Kopie einen anderen Massstab als das Original erhalten, so nimmt man die Seiten des Kopiequadrats kleiner oder grösser im Verhältnis der linearen Massstäbe und überträgt mit dem Reduktionszirkel. Das ist ein Doppelzirkel, d. h. ein Zirkel, dessen Schenkel über den Drehpunkt hinaus verlängert sind. Dieser ist zudem längs der Schenkel verstellbar, sodass die Schenkellängen auf beiden Seiten des Drehpunkts in verschiedenes Verhältnis zu einander gebracht werden können. Stellt man nun den Drehpunkt entsprechend dem gewünschten Massstabverhältnis von Original und Kopie ein, so stehen die Abstände der Zirkelspitzen in dem gleichen Verhältnis. Man greift also eine Länge des Originals zwischen zwei Spitzen ab und überträgt mittelst der anderen beiden Spitzen sofort in die Kopie.

4) Der einfachste Weg zur Kopierung oder Reduzierung einer Karte ist der mechanische mittelst des Pantographen oder Storchschnabels. Er besteht im

wesentlichen aus einer Verbindung zweier Paare von Linealen zu einem um alle vier Ecken drehbaren Parallelogramm, das beim Kopieren um einen festen Punkt einer Seite oder Diagonale gedreht wird. Zwei weitere mit diesem in gerader Linie liegende Punkte beschreiben dann ähnliche Figuren; wird der eine Punkt, eine Spitze (Fahrstift), um das Original herumgeführt, so beschreibt der andere, ein Schreibstift, die Kopie.

Die Anordnung von festem Punkt (Drehpunkt), Fahrstift und Schreibstift lässt sich noch in verschiedener Art machen. Einfache Ausführungen des Pantographen sind sehr billig herzustellen und leisten besseres in kürzerer Zeit als die vorgenannten Verfahren. Empfehlenswert sind die neuerdings viel hergestellten frei schwebenden Pantographen, bei welchen von einem schweren krahnenartigen Gestell aus, das den Drehpunkt enthält, der Pantograph durch Drähte zum grossen Teil frei schwebend gehalten wird. Man kann mittelst des Pantographen auch einzelne Punkte des Originals unter Aufhebung des Schreibstifts durch eine Pikirnadel auf das Zeichenblatt übertragen und nachher die Punkte verbinden. Einzelheiten des Originals werden nicht mit dem Pantographen übertragen, sondern später in die Kopie eingezeichnet.

III. Vertikalmessungen.

§ 25. Nivellieren. a) Methode. Für die Bestimmung von Höhenunterschieden giebt es eine direkte Methode, d. h. eine solche, welche den gesuchten Unterschied sofort im Längenmass liefert, und diese ist zugleich auch die der grössten Genauigkeit fähige. Das ist die Methode des Nivellierens, die deshalb zuerst besprochen werden soll. Der Höhenunterschied zweier Punkte a und b (Fig. 58) ist der Abstand ihrer wahren Horizonte ae = bd. Da wir aber nur die scheinbaren Horizonte konstruieren können, so würde,

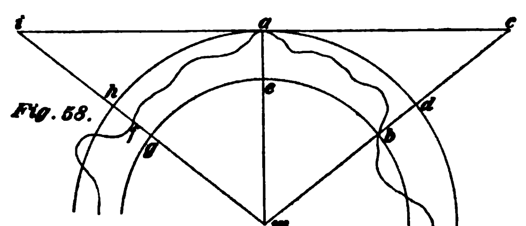


Fig. 58.

wenn man in a den scheinbaren Horizont beschreibt und in d einen Massstab bc vertikal aufstellt, nur der scheinbare Höhenunterschied bc und nicht der wahre bd gemessen werden können. Der Fehler dc, d. h. die Abweichung des wahren Horizonts vom scheinbaren, wird aber um so kleiner, je näher b an a liegt. Bei einem Horizontalabstand von a und b, der 50 m nicht übersteigt, verschwindet er selbst bei den grössten Ansprüchen an Genauigkeit. Ist die Entfernung der Punkte grösser als 50 m, so teilt man sie in eine entsprechende Zahl von kürzeren Strecken ein, bestimmt den Höhenunterschied der Endpunkte einer jeden und erhält durch Summierung der Einzelunterschiede den verlangten wahren Höhenunterschied. Ist diese Teilung in Strecken von 50 m oder weniger aber unter besonderen Verhältnissen einmal nicht möglich, so mag man nötigenfalls den gefundenen scheinbaren Höhenunterschied auf den wahren reduzieren durch Subtraktion von $0{,}0000000687 \cdot L^2$, wo L die Entfernung ab. Für forstliche Arbeiten bedarf es meist dieser Korrektion nicht.

Jeder Nivellierapparat besteht aus zwei Teilen, dem Instrument, das zur Herstellung des scheinbaren Horizonts dient und der Latte, welche den Höhenunterschied anzeigt. Da der Horizont immer nur in einer gewissen Höhe über dem Punkte a der Erdoberfläche als horizontale Absehlinie eines Fernrohrs oder Diopters konstruiert werden kann, so ist von dem an der Latte abgelesenen Höhenunterschied noch die Höhe des Instruments über dem Boden zu subtrahieren (Nivellieren aus dem Ende). Ist die Differenz positiv, so liegt b tiefer als a (Gefälle von a nach b), ist sie negativ, so liegt b höher (Steigung). Von dieser Messung der Instrumentenhöhe macht man

sich unabhängig, wenn man den Horizont nicht über dem einen der abzuwägenden Punkte, sondern über einem Zwischenpunkte, nämlich einem, wenn auch nicht in der geraden Verbindungslinie ab liegenden, aber doch etwa gleich weit von beiden entfernten Punkten konstruiert.

Handelt es sich z. B. um den Höhenunterschied von b und f (Fig. 58), so konstruiert man den scheinbaren Horizont in dem etwa gleich weit von b und f entfernten Punkt a und stellt die Latte zuerst in f und dann in b auf (Nivellieren aus der Mitte). Die Differenz beider Lattenablesungen ist nun ohne weiteres der wahre Höhenunterschied von b und f, da sowohl die Instrumentenhöhe als die Abweichung des scheinbaren Horizonts vom wahren herausfällt. Auf Gleichheit der Entfernungen af und ab kann immer verzichtet werden, wenn beide unterhalb 50 m liegen, und auch bei grösserer Entfernung bewirkt eine beträchtlichere Ungleichheit nur einen Fehler im Höhenunterschied, der der Differenz der Abweichungen des wahren und scheinbaren Horizonts in den Punkten b und f gleich ist.

Von grösserem Einfluss als diese Abweichung ist auf das Resultat eine ungenaue Konstruktion des Horizonts, d. h. ein nicht vollkommener Parallelismus der Absehlinie mit dem Horizont. Diese Abweichung, welche bei der Aufstellung des Instruments in dem einen der abzuwägenden Punkte den Höhenunterschied beträchtlich fehlerhaft machen kann, fällt bei Aufstellung zwischen den Punkten aus dem Resultat heraus, wenn man die Entfernungen von ihnen sehr nahe gleich macht.

Das Resultat dieser Ueberlegungen ist also, dass man möglichst nur „aus der Mitte“ nivellieren soll, und dass hierbei die Entfernungen des Instruments von den beiden einzunivellierenden Punkten nahe gleich sein müssen; von dieser Bedingung kann man nur dann absehen, wenn die Entfernungen klein (bis 50 m) sind, und wenn der Parallelismus zwischen Absehlinie und Horizont vollkommen ist.

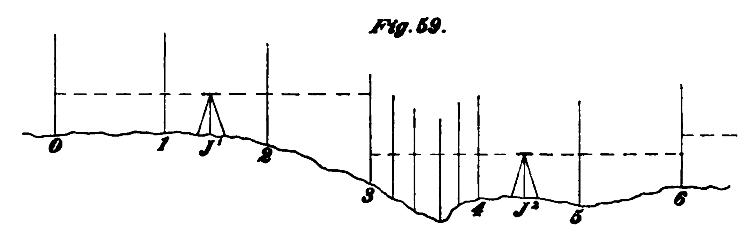
Die Nivellierlatten tragen eine in cm ausgeführte Teilung, deren Nullpunkt an den Erdboden gebracht wird. Wenn das Instrument nicht mit vergrösserndem Fernrohr ausgerüstet ist, so wird eine an der Latte verschiebbare Zieltafel von dem Gehilfen so lange verschoben, bis ihre Mitte von dem Beobachter am Instrument in dessen Horizont gesehen wird, und dann ihre Stellung an der Teilung abgelesen. Anderenfalls — und das ist jetzt die Regel — ist die Zieltafel unnötig, der Beobachter liest durchs Fernrohr direkt den Teilstrich der Latte ab, welcher vom Horizontalfaden im Fernrohr gedeckt wird. Für starke Gefälle benutzt man Latten, die zum Verlängern eingerichtet sind. Die genaue Vertikalstellung der Latte wird durch ein angehängtes Lot oder besser durch eine an die Latte geschraubte Dosenlibelle erreicht.

Um also den Höhenunterschied zweier Punkte 1 und 2 durch Nivellement zu bestimmen, stellt man das Instrument in einem passenden Punkt m der Senkrechten auf, welche etwa in der Mitte der Verbindungslinie 1, 2 errichtet ist, bringt seine Absehlinie horizontal in die Richtung m1 und liest die im Punkt 1 aufgestellte Latte ab, bringt darauf die Absehlinie bei ungeänderter Höhe horizontal in die Richtung m2 und liest die inzwischen im Punkt 2 aufgestellte Latte ab. Die Summe der Entfernungen $m1 + m2$ beträgt in der Regel höchstens $50 + 50 = 100$ m, sie kann aber auch erheblich grösser sein, nur muss dann auf Gleichheit von m1 und m2 genauer geachtet werden. Voraussetzung ist aber natürlich immer, dass bei der grösseren Entfernung die Teilung der Latte noch gut zu erkennen ist, und dass bei grösserem Höhenunterschied die Absehlinie nicht vor der Latte den Erdboden trifft oder über den Gipfel der Latte hinweggeht. Anderenfalls tritt an Stelle des „einfachen“ Nivellements das „zusammengesetzte“. Dasselbe wird also zur Notwendigkeit bei grossem Höhenunterschied oder bei grosser Entfernung von 1 und 2, aber es empfiehlt sich auch dann,

wenn der Höhenunterschied die zulässige Grösse und die horizontale Entfernung die Tragfähigkeit des Fernrohrs nicht überschreitet. Denn, wie die Fehlerrechnung zeigt, ist bei kürzeren Zielweiten wegen der besseren Erkennbarkeit der Lattenteilung der Fehler des Nivellements kleiner, als bei längeren, und deshalb wird man, wenn es auf Genauigkeit der Ausführung ankommt, das zusammengesetzte Nivellement trotz der durch öftere Aufstellung des Instruments bedingten grösseren Arbeit dem einfachen vorziehen.

In den meisten Fällen handelt es sich aber nicht allein und weniger darum, den Höhenunterschied der Endpunkte einer Linie, als vielmehr die Neigungsverhältnisse auf ihrer ganzen Länge zu erfahren. Dann stellt man die Latte in allen Punkten mit wechselndem Gefälle auf, misst die Höhenunterschiede je zweier auf einander folgender und auch ihre horizontalen Entfernungen und stellt das Resultat graphisch dar, indem man die im allgemeinen nicht in einer einzigen Vertikalebene verlaufende Linie geradlinig ausstreckt, sie im verjüngten Massstab darstellt und die Höhenunterschiede der Punkte gegen einen zu wählenden Nullpunkt (in etwas grösserem Massstab) als Perpendikel aufträgt. Die Verbindungslinie ihrer Gipfelpunkte ist das „Profil" der Linie, zum Unterschiede vom „Querprofil" auch „Längenprofil" genannt. Das

Fig. 59.



Profil Fig. 59 ist mit zwei Instrumentenaufstellungen J^1 und J^2 aufgenommen, die punktierten Linien geben die Horizonte in beiden an, die Latte ist der Reihe nach in den Punkten 0, 1, 2, 3 aufgestellt, der Punkt 3 ist Wechselpunkt der Latte, sie wird in ihm nur um 180° gedreht und von der neuen Aufstellung J^2 des Instruments aus nochmals abgelesen. Es wird nun die Latte in die zwischen 3 und 4 liegenden Zwischenpunkte gebracht, die durch ihre horizontalen Entfernungen von 3 als (3)+8,0 m. (3)+12,2 m etc. bezeichnet sind, und weiter nach 4, 5 und 6. 6 ist bei Fortsetzung des Nivellements wieder Wechselpunkt. Die horizontalen Entfernungen der Punkte 0—1, 1—2, 2—3, 3—4, 4—5, 5—6 sind zu 30 m abgemessen.

Die Lattenablesungen werden in folgender Weise notiert:

Punkt	Ablesung	Fallen (einzeln) +	Steigen (einzeln) —	Fallen (gesamt) +	Steigen (gesamt) —	Bemerkungen
(0)	1,413 m					Ausgangspunkt
(1)	1,407		0,006		0,006	
(2)	1,920	0,513		0,507		
(3)	3,045	1,125		1,632		Wechselpunkt
(3)	1,022					
(3) + 8.0 m	1.530	0.508		2.140		Böschungsrand
(3) + 12.2 m	2.170	0.640		2.780		Bachrand
(3) + 17.0 m	2.460	0.290		3.070		Bachsohle
(3) + 25.0 m	2,170		0.290	2.780		Bachrand
(4)	1.825		0,345	2.435		
(5)	1,740		0,085	2,350		
(6)	1.216		0.524	1.826		Wechselpunkt
(6)	1,918					

Punkt (0) ist der Ausgangspunkt des Nivellements, die 5. und 6. Vertikalreihe enthalten die Höhen der übrigen Punkte über dem Horizont von (0). Ist dessen Höhe über einem Normalhorizont bekannt, so lassen sich auch die der übrigen Punkte sofort in Normalmass ausdrücken. Die in der zweiten Vertikalreihe stehenden Zahlen heissen Quoten (Koten) der Punkte, worunter man also ihre Abstände von den durch das Nivellierinstrument (in J^1, J^2 . . .) konstruierten Horizonten versteht. Dagegen sind die in der 5. und 6. Reihe enthaltenen Zahlen die Koten bezüglich des durch Punkt (0) gehenden, des eigentlichen Vermessungshorizonts.

Die horizontalen Entfernungen der Punkte misst man zweckmässig mit dem Okularfadendistanzmesser, man liest also die Nivellierlatte ausser am Mittelfaden des Fernrohrs auch noch an zwei gleichweit von ihm abstehenden Fäden ab.

Da man eine Kontrolle für die Richtigkeit des Nivellements nur dann hat, wenn die Linie in sich zurückläuft oder an zwei Punkten mit bekanntem Höhenunterschied endet, so empfiehlt es sich, in allen anderen Fällen ein Doppelnivellement auszuführen, nämlich die Linie in beiden Richtungen, jedesmal mit anderen Aufstellungen des Instruments, zu nivellieren und aus den beiden Ablesungen an der Latte am gleichen Punkt, falls sie innerhalb der Fehlergrenzen übereinstimmen, das Mittel zu nehmen. Die Abweichung zwischen den Höhenunterschieden der Endpunkte der Linie soll höchstens $9\sqrt{n}$ mm betragen, wenn die Länge der Linie n . 100 Meter beträgt. Selbstverständlich sind die Aufstellungspunkte der Latte sorgfältig zu verpflocken, wenn es sich um Konstruktion eines Profils handelt; während, wenn durch ein zusammengesetztes Nivellement nur der Höhenunterschied der Endpunkte bestimmt werden soll, von einer Verpflockung abgesehen und nur für sichere Aufstellung der Latte gesorgt wird.

Den Verlauf des Geländes in einer zur Richtung eines (Längen-)Nivellements senkrechten Richtung stellt man durch ein Querprofil dar. Die Querprofile sind gewöhnlich nur kurz im Vergleich zum Längenprofil, ihren Massstab nimmt man in der horizontalen und vertikalen Richtung gleich an, so dass das Gelände ohne Verzerrung zur Darstellung gelangt, und meist konform dem Massstab der Perpendikel im Längenprofil. In dem Querprofil wird sein Schnittpunkt mit dem Längenprofil angemerkt. Die Ansprüche an die Genauigkeit der Aufnahme sind meist geringer als beim Längenprofil, man benutzt deshalb ein ganz einfaches Nivellierinstrument, vielfach — namentlich bei starker Bodenneigung nur die Setzlatte, d. h. eine mittelst Libelle horizontal zu legende Messlatte von etwa 3 m Länge, an deren einem Ende rechtwinklig ein Massstab verschiebbar ist, mit dem Nullstrich auf dem Erdboden. Verwendet man ein Nivellierinstrument, und ist das Gefälle im Querprofil gering, so stellt man das Instrument in der Nähe des Schnittpunkts mit dem Längenprofil auf und bringt die Latte der Reihe nach auf die verschiedenen Punkte des Querprofils.

Durch Bestimmung eines Längenprofils und einer Anzahl (kurzer) Querprofile erhält man Kenntnis von der Konfiguration eines Geländestreifens. Ein allseitig ausgedehntes Gelände nivelliert man durch Bestimmung einer grösseren Anzahl über die ganze Fläche zerstreuter Punkte. Man stellt die Latte über einem Punkt auf, der als Nullpunkt der Höhen dienen soll, oder dessen Höhe über einem Normalhorizont bekannt ist, und darauf über allen denen der ausgewählten Punkte, die in der Zielweite des Instruments liegen. Darauf wird der Standort des Instruments gewechselt, die Latte wieder zunächst über einem der schon angezielten Punkte (einem Wechselpunkt) aufgestellt u. s. w. Man erhält so die Erhebungen und Vertiefungen aller ausgewählten Punkte der Fläche über einem (Normal-)Horizont. Im allgemeinen ist eine Horizontalaufnahme der Fläche schon vorhergegangen, die ermittelten Höhenzahlen trägt man in den Grundplan ein. Ueber das tachymetrische Flächennivellement cfr. § 28.

Als Normal-Nullpunkt (N.N.) der Höhen dient der Nullpunkt des Amsterdamer Pegels. Er ist in Deutschland festgelegt durch eine Teilung an einem Pfeiler der Berliner Sternwarte, deren Nullpunkt, der Normal-Höhenpunkt, 37 m über N.N. liegt.

b) Nivellierinstrumente. Jedes Nivellierinstrument besitzt notwendig eine Vorrichtung zum Herstellen einer horizontalen Absehlinie. Hierzu kann entweder ein Lot dienen, wodurch die zum Horizont Senkrechte bezeichnet ist, oder eine ruhende Flüssigkeit. Das Lot benutzen die sogen. Pendelinstrumente, welche alle eine nur mässige Genauigkeit bieten. Die Absehlinie wird bei ihnen durch Diopter hergestellt. Das Bosesche Instrument kann als Repräsentant der Pendelinstrumente gelten; es ist ausreichend zum Nivellement von Waldwegen und zum Messen von Baumhöhen.

Bei der Kanalwage bezeichnen die Kuppen einer ruhenden Flüssigkeit in einer kommunizierenden Röhre aus Glas zugleich den Horizont und die Absehlinie. Man visiert mit dem Auge über die beiden Flüssigkeitskuppen hinweg nach einer Latte mit verschiebbarer Zieltafel. Die Kanalwage wird entweder auf ein Stativ gestellt, auf welchem sie um eine senkrecht stehende Axe gedreht werden kann, wobei dann die Verbindungslinie der Flüssigkeitskuppen eine Horizontalebene beschreibt, oder sie wird in freier Hand gehalten. Sie besteht in diesem Falle ganz aus Glas und bildet ein geschlossenes Glasröhrensystem von rechteckiger Form. Der Beobachter misst zu Beginn die Höhe seines Auges über dem Erdboden bei aufrechter Haltung.

Die Genauigkeit der mit der Kanalwage ausgeführten Nivellements ist offenbar nur sehr gering, da sogar ohne Diopter beobachtet wird. Dennoch wird sie auf kleiner Fläche oft angewandt, zumal ihr Preis ein minimaler ist.

Am schärfsten fällt die Horizontalität der Absehlinie dann aus, wenn sie mittelst einer Libelle hergestellt wird. Die Libelleninstrumente verdrängen deshalb alle anderen immer mehr, und zugleich tritt das mit Fadenkreuz versehene Fernrohr fast überall an die Stelle des Diopters. Ein einfach konstruiertes, aber an Genauigkeit jedes Pendelinstrument und die Kanalwage übertreffendes Libelle-Fernrohr-Instrument lässt sich schon mit geringen Kosten beschaffen (von 50 M. an). Das Stativ dieser Nivellierinstrumente unterscheidet sich meist gar nicht von dem Theodolit-Stativ. Empfehlenswert ist für Nivellements auf stärker geneigtem Boden, eins der drei Beine zum Verlängern einzurichten. Bei der Aufstellung des Instruments tritt man die Füsse des Stativs zunächst soweit ein, dass sein Tischchen nach einer aufgesetzten, schwach empfindlichen Dosenlibelle beurteilt, horizontal steht. Als Untergestell des Instruments dient meist ein Dreifuss, wie beim Theodolit, mit Stellschrauben, der auf dem Stativ durch Zentralschraube befestigt wird. Fernrohr und Röhren-Libelle ruhen auf dem Dreifuss und sind um eine Axe drehbar, die möglichst genau vertikale Lage erhalten soll.

Eine Prüfung des Instruments hat die Erfüllung folgender beider Bedingungen anzustreben: 1) die Libellenaxe soll rechtwinklig zur vertikalen Drehungsaxe und 2) parallel zur Absehlinie sein. Nehmen wir zunächst an, es handle sich um ein Instrument einfacherer Konstruktion, bei welchem Fernrohr und Libelle in fester Verbindung untereinander und mit dem Dreifuss sind. Das erste erreicht man dann, wie beim Theodolit, mittelst der drei Fussschrauben und der Korrektionsschraube an der Röhrenlibelle: durch Drehen der Fussschrauben wird erreicht, dass die Libellenblase beim Drehen um die Axe ihre Einstellung nicht ändert — womit die Drehungsaxe vertikal ist — und durch Verstellen der Korrektionsschraube, dass diese Einstellung in der Mitte der Libellen-Teilung liegt. Die Zielaxe wird parallel zur Libellenaxe gemacht durch folgenden Versuch: Man stellt das Instrument zuerst gleichweit von zwei, vielleicht um 100 m von einander entfernten Punkten auf, die Latte in den beiden Punkten

— Ablesungen L_1 und L_2 —, darauf in der Verlängerung der Verbindungslinie, aber ziemlich nahe dem einen Punkt (1) — Ablesungen L_1' und L_2'. Die Höhendifferenz der Punkte (1) und (2) ist, unabhängig von einem Nichtparallelismus der Ziel- und Libellenaxe, gleich $L_1 - L_2$. L'_1 ist ebenfalls — wegen der Nähe des Instruments an Punkt (1) — als richtig anzusehen, aber L'_2 ist von einem Parallelismusfehler beeinflusst. Somit ist L_2' so zu bestimmen, dass es der Gleichung $L_1' - L_2' = L_1 - L_2$ genügt, d. h. es sollte sein $L_2' = L_1' - (L_1 - L_2)$. Ergiebt sich hieraus bei Einsetzung der Werte für $L_1' L_1 L_2$ ein von dem beobachteten abweichender Wert von L_2', so ist das Fadenkreuz des Fernrohrs soweit zu verschieben, dass die berechnete Zahl vom Faden gedeckt wird.

Wenn Libellen- und Zielaxe als parallel erkannt sind, hat man nach Anvisieren der Latte nur die Libelle mittelst der Fussschrauben zum Einspielen zu bringen, und wenn die Latte versetzt wird, das Instrument aber auf seinem Standort bleibt, kleine Ausweichungen der Libelle beim Drehen um die Vertikalaxe mittelst der Fussschrauben zu beseitigen. Das genaue Einspielen wird bei vielen Instrumenten durch eine Elevationsschraube erreicht, die in der Nähe des Okularteils wirkend dem Fernrohr kleine Drehungen in der Vertikalebene erteilt. Bei einer bestimmten Stellung dieser Schraube ist die Libellenaxe zur Vertikalaxe senkrecht. Man findet diese Stellung leicht durch Einspielenlassen der Libelle, Drehung um 180° und Beseitigung der einen Hälfte des auftretenden Libellenausschlags durch die Fussschrauben und der anderen Hälfte mit der Elevationsschraube.

Diese Vereinigung von roher, allgemeiner Horizontierung (durch die Fussschrauben) und feiner, besonderer (durch die Elevationsschraube) stellt die beste Anordnung dar und findet sich deshalb auch bei den genauesten Instrumenten.

Zu je feineren Messungen ein Instrument Verwendung finden soll, desto mehr macht man seine einzelnen Teile von einander unabhängig: Statt das Fernrohr mit dem Untergestell fest zu verbinden, macht man es umlegbar und in seinen Lagern drehbar und die Libelle auf dem Fernrohr umsetzbar. Die Prüfung lässt sich so genauer und eingehender vornehmen, aber es ist zu bedenken, dass ein solches, aus versetzbaren Teilen zusammengestelltes Instrument auch einer besonders vorsichtigen Behandlung bedarf und sich deshalb für praktischen Zwecken dienende Arbeiten weniger eignet.

Bequem ist die Anbringung eines drehbaren Planspiegels über der Libelle, damit der Beobachter vom Fernrohrokular aus leicht und ohne den Kopf heben zu müssen, den Stand der Blase kontrollieren kann. Noch bequemer ist die bei feineren französischen Apparaten und auch bei einer Anzahl deutscher, jedoch meist mehr der näherungsweisen Messung dienenden, Instrumente angebrachte Vorrichtung, die Blase im Fernrohr neben dem Lattenbilde und gleichzeitig mit diesem zu beobachten.

Solche Instrumente baut z. B. L. Tesdorpf - Stuttgart und bezeichnet sie als Taschen - Nivellierinstrumente (System Wagner). Die Libelle — es ist eine oben und unten sphärisch geschliffene (Reversions-) Libelle — befindet sich an der durchbrochenen Seitenwand des Fernrohrs, ihr Bild erscheint vermittelst Reflexion in einem gegenüber an der ebenfalls durchbrochenen anderen Seitenwand liegenden, etwa 45° gegen die Fernrohraxe geneigten Spiegel am Okular und wird gleichzeitig mit und neben dem Fadenkreuz und der Nivellierlatte gesehen. Im Moment des Einspielens der Blase liest man den vom Fadenkreuz gedeckten Lattenstrich ab. Das Instrument hat also den grossen Vorteil, dass seine Angaben durch eine während der Visur und der Ablesung eintretende Aenderung des Libellenstandes — wie sie z. B. auf Moorboden vorkommen kann — nicht beeinflusst werden. Das Stativ kann wegen dieser Gleichzeitigkeit von Libelleneinstellung und Ablesung ganz leicht sein, man kommt meist mit dem Stock-

stativ, vielfach auch ohne Stativ aus. Nur beim Nehmen vieler Visuren von einem Punkte aus (Flächennivellement) empfiehlt sich ein dreibeiniges Stativ. Um von nicht vollkommenem Parallelismus zwischen Absehlinie des Fernrohrs und Libellenaxe unabhängig zu sein, kann man die Ablesung wiederholen, nachdem das Fernrohr um 180° um die Visierlinie gedreht ist — die vorher untere Seite der Reversionslibelle liegt dann oben — und aus beiden Ablesungen das Mittel nehmen. Eine Elevations-Mikrometerschraube benutzt man zum scharfen Einstellen der Libellenblase. Die Genauigkeit der Messung wird auf $^1/_{500}$ bis $^1/_{1000}$ der Länge beim Halten in der Hand und auf $^1/_{20000}$ der Länge bei Benutzung eines Stockstativs (Stock mit gegengehaltener Strebe) angenommen.

Nach dem gleichen Prinzip werden von verschiedenen Werkstätten Gefällmesser verfertigt. Bei dem Tesdorpfschen, welcher unter dem Namen „Forstliches Universal-Spiegeldiopter (Prozent-Gefällmesser)" geht, befindet sich über dem Diopterrohr (Kreuzfaden am einen Ende, Schauloch am anderen), an dessen Stelle für grössere Zielweiten ein Fernrohr tritt, eine Röhrenlibelle, deren Metallgehäuse auch unten durchbrochen ist. Unter ihr hat das Visierrohr eine Oeffnung, und darunter in seiner Axe, um 45° gegen sie geneigt und die eine Hälfte des Rohrquerschnitts einnehmend, einen Metallspiegel, der das Bild der Libellenblase nach dem Okular wirft. Ein auf dem Spiegel angebrachter Strich erscheint dem in das Schauloch sehenden Auge als Fortsetzung des Horizontalfadens des Fadenkreuzes. Die Libelle ist um eine die Absehlinie kreuzende Axe drehbar samt einer Alhidade, die auf einem seitwärts am Fernrohr angebrachten Halbkreis spielt und dessen Nullpunkt dann deckt, wenn die Libellenaxe der Absehlinie parallel liegt. Die Teilung ist gewöhnlich in Gefällprozenten ausgeführt, eine Gradteilung lässt sich auf demselben Limbus nach Bedarf noch anbringen.

(Ueber die Verwendung dieser Instrumente beim Bau von Waldwegen, sowie für Messung der Höhe von Stämmen geben die betr. Abschnitte des Handbuchs näheren Aufschluss.)

§ 26. **Barometrische Höhenmessung.** Die barometrische Höhenmessung beruht auf der Abnahme des Luftdrucks mit zunehmender Entfernung von dem Erdmittelpunkt. Wäre die Atmosphäre, wenigstens über einem begrenzten Gebiet der Erde, in vollkommenem Gleichgewicht, dann würde in dem über diesem liegenden Teil des Luftmeers eine Fläche mit konstantem Luftdruck' durch das Stück einer mit der Erdkugel konzentrischen Kugelfläche dargestellt sein, und der Höhenunterschied zweier Punkte dieses Gebiets wäre dem Abstand der durch sie gehenden Flächen konstanten Luftdrucks gleich und aus dem Unterschied der Drucke ableitbar.

Diese Voraussetzungen treffen aber selbst für kleine Gebiete nur höchst selten zu, die Atmosphäre besitzt kaum jemals dasjenige Mass des Gleichgewichts, dass an zwei Punkten in gleicher Meereshöhe auch der gleiche Luftdruck herrschte, sie gelten aber freilich desto strenger, je kleiner die horizontale Entfernung der Punkte ist. Die barometrische Methode der Höhenmessung ist also auf nahe in derselben Vertikalen liegende Punkte zu beschränken, und auch dann nur unter der Bedingung, dass keine stärkere Luftströmung, die eben Folge von Gleichgewichtsstörungen ist, besteht. Bei Einhaltung dieser Bedingung kann man mit dem Barometer den Höhenunterschied horizontal benachbarter und vertikal nicht gar zu differenter Punkte bestimmen, wenn nicht hohe Ansprüche an die Genauigkeit der Messung gestellt werden, die eben nur durch eine nivellitische Bestimmung zu befriedigen sind.

Die Methode besteht also darin, dass man in zwei bezüglich ihrer Höhe zu vergleichenden Punkten den Luftdruck misst. Da dieser aber fortwährenden Aenderungen unterliegt, so müssen beide Messungen gleichzeitig erfolgen oder doch wenigstens auf dieselbe Zeit reduziert werden. Bei stärkeren Schwankungen des Luftdrucks wird über-

haupt nicht gemessen. Entweder wird also auf jedem der beiden Punkte ein Barometer aufgestellt und zu einer verabredeten Zeit je von einem Beobachter abgelesen, oder man liest ein Barometer zuerst in dem einen Punkte ab (Ablesung B_1), geht darauf mit dem Instrument nach dem anderen, liest es dort ab (Ablesung B_2) und bringt es nochmals nach dem ersten Punkte zurück (Ablesung B_1'). Richtet man es so ein, dass zwischen den drei Ablesungen gleiche Zeiten liegen und setzt weiter voraus, dass eine kleine Differenz $B_1'—B_1$ entweder auf eine in der Zwischenzeit erfolgte gleichmässige Luftdruckänderung zurückzuführen oder Folge kleiner Ablesungsfehler oder Instrumentänderungen ist, so sieht man $\frac{B_1 + B_1'}{2}$ und B_2 als gleichzeitige Werte des Luftdrucks in den beiden Punkten an. Sind die Höhen einer grösseren Anzahl von Punkten zu messen, so bringt man das Barometer der Reihe nach an alle, geht darauf in umgekehrter Folge zum Ausgangspunkt zurück und nimmt aus den beiden Ablesungen an jedem Punkt das Mittel. Besser eliminiert man die während der Messungen eintretenden Luftdruckschwankungen durch Beobachtung eines feststehenden Barometers. Liest ein zweiter Beobachter dieses während der Arbeitszeit des ersten ambulanten in kurzen Pausen ab, und notiert ein jeder die Zeit seiner Beobachtungen, so lassen sich nachträglich alle von dem ersten an den verschiedenen Punkten zu verschiedenen Zeiten gemachten Ablesungen auf die gleiche Zeit reduzieren. Am besten stellt man die Angaben des Standbarometers graphisch dar — Zeit = Abscisse, Aenderung seiner Angabe seit Beginn der Ablesungen am transportablen Instrument = Ordinate — und entnimmt aus der Kurve die an den Ablesungen des transportablen Barometers anzubringenden Korrektionen.

Wenn die Angaben des Standbarometers nur zur Ermittlung dieser Korrektionen dienen sollen, ist seine genaue Vergleichung mit dem transportablen Instrument nicht nötig. Es kann aber auch die Forderung gestellt sein, die Höhendifferenzen aller Punkte gegen den Aufstellungsort des Standinstruments zu bestimmen — etwa weil dessen Höhe über dem Meere bekannt ist; dann muss selbstverständlich (ebenso wie der an erster Stelle genannten Methode) auch eine sorgfältige Vergleichung der Angaben beider neben einander aufgestellter Instrumente ausgeführt und eine Abweichung berücksichtigt werden.

Als Messinstrument wendet der Praktiker heute nur selten noch das Quecksilberbarometer an, auch das Siedethermometer (Hypsothermometer) hat keinen Wert für die Praxis forstlicher Messungen, bei denen vorzugsweise das Metallbarometer (Federbarometer, Aneroid) benutzt wird. Dieses liefert aber keine absoluten Angaben des Drucks, und deshalb ist zu seiner Aichung und, da sich seine Angaben infolge kleiner Erschütterungen und Temperaturänderungen und selbst durch blosse Wirkung der Zeit in unberechenbarer Weise ändern, auch zu seiner Kontrolle ein Quecksilberbarometer unumgänglich nötig. Als Standbarometer bei der oben beschriebenen Methode dient häufig ein Quecksilberinstrument. Bei der Ablesung eines solchen beachte man, dass seine Angabe von der Temperatur des Quecksilbers und der einschliessenden Glasröhre abhängt, und dass auch der Massstab (von Messing z. B.) nur bei einer einzigen Temperatur, etwa 0^0 C., richtig sein kann. Man reduziert nun die Ablesung stets auf 0^0 C. Temperatur des Quecksilbers und der Glasröhre, wird auch der Ausdehnung des Messingmassstabs gerecht durch Subtraktion von 0,000162 B. t von der Ablesung B, wenn t die Temperatur des Quecksilbers und des Massstabs. Ist das Barometer kein Heber-, sondern ein Gefässinstrument, so ist wegen der capillaren Depression des Quecksilbers in der Röhre noch eine Grösse zu addieren, die von dem inneren Durchmesser der Röhre und der Höhe der Quecksilberkuppe abhängt und aus Tabellen zu bestimmen ist.

(Für 10 mm Durchmesser und 1,3 mm Kuppenhöhe ist z. B. die Depression 0,4 mm.) Ferner ändert sich mit dem Steigen und Fallen des Barometers auch etwas das Niveau im Gefäss. Ist deshalb der Nullpunkt des Massstabs beim Barometerstand B_0 auf die Quecksilberfläche im Gefäss genau eingestellt, so ist bei einem andern Stand B zu diesem noch zu addieren $(B-B_0)\frac{d^2}{D^2-d_1^2}$, wo d und d_1 der innere und äussere Durchmesser der Röhre und D der innere des Gefässes ist. Vollkommene Luftleere des Barometers werde vorausgesetzt, andernfalls wären die Luftdruckangaben zu klein.

An der Ablesung eines Metall-(Feder-)Barometers sind folgende drei Korrektionen anzubringen:

1) Die Temperaturkorrektion. Denn die Temperatur beeinflusst den Stand aus mehreren Gründen. Man subtrahiert von der Ablesung a. t, wo a der Temperaturkoeffizient, t die Temperatur des Instruments. Der Koeffizient ist gewöhnlich auf dem Instrument selbst angegeben, er ändert sich aber nicht selten mit der Zeit. Deshalb kontrolliere man ihn durch abwechselnde Ablesung des Instruments im geheizten Zimmer und im Freien. Jeder der beiden Temperaturen muss es aber hinreichend lange ausgesetzt werden. Schwankungen des Luftdrucks in der Zwischenzeit eliminiert man durch gleichzeitige Ablesung eines dauernd im Zimmer befindlichen Instruments.

2) Die Teilungskorrektion. Wenn man auch das Instrument so justieren kann, dass es einen gewissen Barometerstand B_0 (Mittelstand z. B. = 760 mm) nahezu richtig anzeigt, so schwindet diese näherungsweise Uebereinstimmung seiner Angabe B mit dem Barometerstand doch um so mehr, je mehr dieser sich vom Mittelstand entfernt. Versuche haben gezeigt, dass der Fehler sich durch $b(B_0-B)$ ausdrücken lässt, wo b der Teilungskoeffizient, d. h. der in mm ausgedrückte Fehler eines Teils der Skala ist. Eine Tabelle der Teilungskorrektionen wird jedem Instrument beigegeben.

3) Die Standkorrektion ist diejenige Differenz, welche die nach 1) auf 0^0 reduzierte und nach 2) vom Teilungsfehler befreite Ablesung des Federbarometers noch gegen die gleichzeitige Angabe N eines Normalbarometers zeigt. Bestimmt man sie bei einem mittleren Stande B_0 und der Temperatur 0^0, so ist sie also $c = N-B_0$. Die Standkorrektion muss öfters bestimmt werden, da sie sich mit der Zeit und namentlich durch Erschütterungen leicht ändert.

Die Federbarometer lassen sich sehr empfindlich herstellen, sie lassen dann wohl kleine Luftdruckunterschiede erkennen, leiden aber in demselben Masse an einer grossen Unsicherheit der absoluten Angaben. Auf diese kommt es aber in den allermeisten Fällen auch nicht an, man braucht nur die Luftdruckunterschiede, um die Höhenunterschiede zu bestimmen.

Wenn nun an zwei Punkten die (gehörig reduzierten) Ablesungen B_1 und B_2 gemacht sind, so erhält man den Höhenunterschied aus der Formel

$$H_2-H_1 = 18400^m \cdot (1+0{,}004 \cdot t)\,(\log B_1 - \log B_2)$$

oder bequemer

$$H_2-H_1 = 16000^m \cdot (1+0{,}004 \cdot t)\,\frac{B_1-B_2}{B_1+B_2}.$$

Hier ist t das arithmetische Mittel der gleichzeitig mit B_1 und B_2 beobachteten Temperaturen der Luft an beiden Punkten, also $t=\frac{t_1+t_2}{2}$. Ohne Formel lassen sich die Höhenunterschiede aufeinander folgender Punkte aus den in ihnen beobachteten Barometerständen leicht durch Interpolation berechnen, indem man (für nicht zu grosse Höhenunterschiede) die Aenderung der Höhe derjenigen des Luftdrucks proportional annimmt. Endlich kann man ohne alle Rechnung die angenäherten Höhen der Punkte über dem Meere auf Grund des Luftdrucks und der Temperatur aus den Jordan'-

schen oder den Schoder'schen barometrischen Höhentafeln entnehmen und daraus die genauen Höhenunterschiede bilden. Besonders häufige und bequeme Verwendung findet das Aneroid bei der Feststellung von Punkten gleicher Höhe behufs Darstellung der Horizontalkurven (Niveaulinien, Höhenschichtenkurven cf. § 29).

§ 27. Trigonometrische Höhenmessung. Trigonometrisch wird der Höhenunterschied zweier Punkte durch Messung des Höhen- oder Tiefenwinkels bestimmt, den die Verbindungslinie der Punkte mit dem Horizont bildet; aus ihm und der anderweit bekannten oder zu messenden Horizontalentfernung der Punkte ist er zu berechnen. Als Instrument dient der Theodolit. Entweder ist eine Libelle auf dem Fernrohr selbst angebracht (Nivellier-Theodolit), deren Axen-Parallelismus mit der Absehlinie nach dem in § 25 beschriebenen Verfahren zu prüfen ist. Diese Libelle ist vor jeder Visur zuerst zum Einspielen zu bringen, der Höhenkreis abzulesen, und diese Ablesung von derjenigen bei der Höhenvisur in Abzug zu bringen. Oder man kommt auch mit einer an der Alhidade in der Fernrohrrichtung angebrachten Röhrenlibelle vollkommen aus, die man, nachdem ihre Axe möglichst sorgfältig allgemein senkrecht zur Vertikaldrehungsaxe gestellt war, vor jeder Visur mit Hilfe einer der drei Fussschrauben nochmals zum ganz scharfen Einspielen bringt. Eine kleine Exzentrizität des Höhenkreises und seiner Alhidade wird am besten durch Ablesung an zwei sich gegenüberstehenden Nonien eliminiert. Einer horizontalen Lage der Absehlinie sollte auch der Höhenwinkel Null am Höhenkreise entsprechen. Ist das nicht genau der Fall (Indexfehler), so wird ein Höhenwinkel in der einen Lage des Fernrohrs zu klein, in der anderen Lage um ebensoviel zu gross gefunden. Der Indexfehler fällt also aus dem arithmetischen Mittel der in beiden Fernrohrlagen gemessenen Winkel heraus.

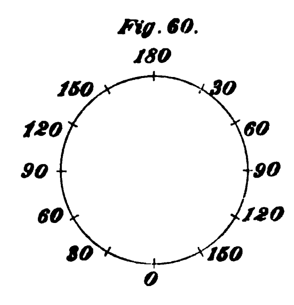


Fig. 60.

Die Bezifferung des Höhenkreises lässt sich in verschiedener Weise anordnen, am empfehlenswertesten ist die in Fig. 60, bei welcher der horizontalen Ziellinie nicht die Ablesung 0°, sondern 90° entspricht, also zunächst nicht der Höhenwinkel, sondern sein Komplement zu 90°, der Zenitwinkel, abgelesen wird. Ist z. B. die Ablesung an den beiden Nonien 60° in der ersten Fernrohrlage, so erhält man (bei Abwesenheit eines Indexfehlers) in der zweiten Fernrohrlage 120° (Nadirdistanz, wenn der Winkel 60° eine Zenitdistanz war).

Die entsprechenden Höhenwinkel sind also

$$\alpha_1 = 90^0 - 60^0 \text{ und } -\alpha_2 = 90^0 - 120^0$$

also

$$\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} = \frac{120^0 - 60^0}{2} = 30^0.$$

Allgemein erhält man also bei dieser Art der Bezifferung den Höhenwinkel als halbe Differenz der in den beiden Fernrohrlagen gemachten Ablesungen.

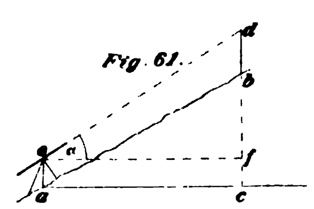


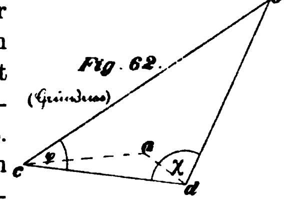
Fig. 61.

Der Höhenunterschied der Punkte a und b (Fig. 61), in deren einem a der Theodolit sich befindet, während in dem anderen b ein Signal bd aufgestellt sein möge, ist

$$H_b - H_a = bc = bf + fc = df - db + fc$$
$$H_b - H_a = A \cdot tg\alpha - S + J,$$

wenn A der horizontale Abstand der beiden Punkte, S die Höhe des Signals über b, und J die Höhe des Fernrohrs über a bedeutet. Uebersteigt aber A die Grösse von 500 m, so wird es schon nötig, die Erdkrümmung zu berücksichtigen. Ferner geht auch infolge der Brechung

des Lichts in den nach unten an Dichte zunehmenden Schichten der Atmosphäre die Absehrichtung über das Ziel d hinaus, man misst den Höhenwinkel zu gross. Beiden Einflüssen wird man in praktisch vollkommen genügendem Masse gerecht durch Zufügung von $\frac{1-k}{2r} \cdot A^2$, auf der rechten Seite der Gleichung, wo r der Erdhalbmesser und k, der Refraktionskoëffizient, rund gleich 0,13 ist. Trigonometrisch bestimmt man einen Höhenunterschied nur dann, wenn die Horizontalentfernung A entweder aus einer vorhergegangenen oder gleichzeitig erfolgenden Horizontalaufnahme bekannt oder doch aus anderweiten Daten z. B. aus vorhandener Karte leicht herüberzunehmen ist. Seltener wird sie direkt durch Längenmessung nur für den Zweck der Höhenbestimmung ermittelt. Es liegen vielleicht in der Nähe des einen (a) der beiden Punkte a und b (Fig. 62) zwei andere c und d, deren Horizontalentfernung cd bereits bekannt (z. B. aus ihren Koordinaten) oder leicht erhältlich ist. Dann ist



$$cb = cd \cdot \frac{\sin\chi}{\sin(2R - \varphi - \chi)} = cd \cdot \frac{\sin\chi}{\sin(\varphi + \chi)} \text{ und } db = cd \cdot \frac{\sin\varphi}{\sin(2R - \varphi - \chi)} = cd \cdot \frac{\sin\varphi}{\sin(\varphi + \chi)}$$

Es wären also nur die Winkel φ und χ am Horizontalkreis des Theodoliten zu messen, um cb und db berechnen zu können. Während dieser Messungen bestimmt man gleichzeitig die Höhenwinkel α und β von cb und db und berechnet dann trigonometrisch die Höhenunterschiede $H_b - H_c$ und $H_b - H_d$. Bestimmt man nun weiter die Höhenunterschiede $H_a - H_c$ von a und c, sowie $H_a - H_d$ von a und d durch Nivellement, so ergiebt sich der gesuchte Höhenunterschied $H_b - H_a$ doppelt als $(H_b - H_c) - (H_a - H_c)$ und als $(H_b - H_d) - (H_a - H_d)$. Ist die absolute Höhe über NN eines der Punkte c und d bekannt (wenn der Punkt z. B. einen Nivellementsbolzen der Landesaufnahme trägt) so folgen nun auch die absoluten Höhen von a und b.

§ 28. Tachymetrische Aufnahmen. Ein Gebiet bezeichnet man als tachymetrisch aufgenommen, wenn für alle Punkte die drei Koordinaten mittelst eines einzigen Instruments, des Tachymeters, und von möglichst wenigen Standpunkten des Instruments aus bestimmt worden sind. Die Koordinaten eines Punkts sind dann seine horizontale Entfernung vom Standpunkt des Tachymeters, der Höhenunterschied gegen diesen und das Azimut der Entfernung, bezogen auf eine beliebig angenommene Richtung oder auf den magnetischen oder astronomischen Meridian. Der Theodolit wird zum Tachymeter durch Hinzufügung eines Distanzmessers und am besten noch einer Bussole, das Bussoleninstrument wird zur tachymetrischen Aufnahme brauchbar durch Hinzufügung eines Distanzmessers und eines Höhenkreises, und auch Messtisch-Tachymetrie lässt sich treiben, wenn die (mit Höhenkreis ausgestattete) Kippregel noch mit einem Okularfaden-Distanzmesser versehen ist (eine Bussole ist dem Messtisch gewöhnlich schon beigegeben). Die wesentliche Zugabe, welche ein Instrument zu einem Tachymeter (Schnellmesser) macht, ist der in § 20 schon behandelte Distanzmesser, denn mit ihm kann man, nach Aufstellung einer Latte in dem anvisierten Punkt und bei Berücksichtigung des Höhenwinkels der Visierlinie, 1) die horizontale Entfernung und 2) den Höhenunterschied messen. Stattet man mit ihm also einen Theodolit aus, so wird derselbe zu einem Tachymeter-Theodolit, denn die Horizontal-Projektionen der Winkel zwischen den Visierlinien nach den anvisierten Punkten werden am Horizontalkreis gemessen und also auch die dritten Koordinaten, die Azimute, bezogen auf eine beliebige Richtung erhalten. Ist noch eine Bussole aufgesetzt, so können auch die magnetischen Azimute der Visierlinien bestimmt werden.

Die Tachymeter-Instrumente sind also wesentlich nichts anderes als distanzmessende Theodolite, Bussolenfernrohre und Kippregeln, die sämtlich früher schon besprochen sind. Es erübrigt nur anzuführen, dass man auch Tachymeter-Theodolite besitzt, welche unter Fortfall des Höhenkreises den horizontalen und vertikalen Abstand der Punkte an mit dem Instrument verbundenen Skalen direkt, ohne die nach § 20 erforderliche Rechnung (die aber beim Gebrauch eines Tabellenwerks auch erspart werden kann) abzulesen gestatten (Schiebe-Tachymeter von Kreuter und Wagner-Fennel). Dieser Bequemlichkeit stehen aber folgende Nachteile gegenüber: 1) Notwendigkeit, die Latte schief (d. h. senkrecht zur Visur) zu halten, 2) infolge Einstellens der Skalen Vermehrung der Arbeit im Gelände, die man wegen ihrer Abhängigkeit vom Wetter immer einzuschränken bestrebt sein sollte zu Lasten der Hausarbeit. 3) Grössere Empfindlichkeit des Instruments gegen störende Einflüsse, Zunahme des Gewichts und schwerfällige Handhabung. Aus diesen Gründen sind die Schiebe-Tachymeter dem Praktiker nicht zu empfehlen, in dessen Händen ein kleiner Theodolit mit Ablesung bis auf eine Minute oder auch eine Bussole mit Höhenkreis und Okularfaden-Distanzmesser viel besser den Zweck erfüllt.

Die zuerst zu lösende Aufgabe ist die Auswahl der Standpunkte für das Instrument. Von einem jeden Standpunkt aus sollen möglichst viele der aufzunehmenden Punkte anvisiert werden können. Die Standpunkte sind zu verpflocken. Von der Genauigkeit, mit welcher sie in ihrer gegenseitigen Lage festgelegt sind, hängt wesentlich die Schärfe der tachymetrischen Aufnahme ab. Am besten ist es also, solche Punkte zu benutzen, deren Lage durch genaue azimutale, horizontale und vertikale Messungen zuvor schon festgestellt ist, also Punkte der Landesaufnahme (§ 30) oder solche, die vorher durch Kleintriangulierung (§ 31) oder polygonale (§ 33) und nivellitische Messung bestimmt wurden. Wenn die Zahl dieser vorhandenen bekannten Punkte nicht genügt, so kann man an sie noch weitere Aufstellungspunkte auf tachymetrischem Wege anbinden. Wenn nur geringe Genauigkeit beansprucht wird, so kann man auch das ganze Netz der Standorte ausschliesslich tachymetrisch festlegen. Zur Bestimmung der Höhen über NN. wäre es nur erforderlich, das Netz an einen Punkt mit bekannter Höhe anzuschliessen (Nivellementsbolzen der Landesaufnahme, Höhenmarke eines Bahnhofsgebäudes).

Bezüglich der Auswahl der Lattenpunkte, soweit sie nicht fest vorgeschrieben ist, beachte man, alle solche Punkte aufzunehmen, die die Form der Erdoberfläche charakterisieren, und sie in Zügen in der Richtung des grössten Gefälls anzuordnen. Das letztere ist bei der Konstruktion der Horizontalkurven (§ 29) von Vorteil. Wesentlich ist der Gebrauch eines guten Handrisses, d. h. eines nach Augenmass oder mit einem kleinen Messtisch angefertigten Grundrisses der Fläche, in welchem die aufzunehmenden Punkte mit fortlaufenden Nummern bezeichnet sind. Weniger wichtige Punkte oder solche, die von einem der Standpunkte nicht zu erreichen sind, kann man von einem der aufgenommenen Punkte aus anschliessen, indem man die Entfernung abschreitet, ihre Neigung gegen den Horizont mit einem einfachen Gefällmesser (§ 25) (woraus Horizontal- und Vertikal-Distanz folgt) und ihr Azimut mit einem Taschenkompass bestimmt.

Nehmen wir an, es gäbe über das Gebiet verstreut eine Anzahl gut (z. B. durch drei Koordinaten) bestimmter Punkte, die als Standorte des Tachymeters dienen können. Man stellt es in einem derselben auf, berechnet nach § 17 das Azimut der Verbindungslinie mit dem zweiten Standort, stellt den Horizontalkreis auf diese Zahl ein und dreht — was beim Vorhandensein einer Repetitionseinrichtung ja sehr leicht ist — bei festgeklemmter Alhidade das Instrument so, dass der zweite Punkt vom Faden-

kreuz gedeckt wird. Stellt man nun der Reihe nach auf die einzelnen Lattenpunkte ein, so liest man also am Horizontalkreis jedesmal sofort das zugehörige Azimut und an den Distanzfäden (mit Berücksichtigung der Einstellung des Höhenkreises) die horizontale und vertikale Distanz der Punkte ab. Auf dem zweiten Standpunkt wird der Horizontalkreis zunächst wieder in die Anfangsstellung, zu- oder abzüglich 180°, gebracht, das Fernrohr bei festgeklemmter Alhidade auf den ersten Standpunkt und darauf auf neue Lattenpunkte eingestellt; schliesslich wird es auf den dritten Standpunkt gerichtet u. s. w.

Es sei mit dem Theodolit eine Bussole verbunden, deren Nullpunkt auf dem in der Vertikalebene der Visierlinie liegenden Durchmesser sich befindet; so kann man die Alhidade auf Null des Limbus stellen und dann bei festgeklemmter Alhidade das Instrument drehen, bis die Nordspitze der Magnetnadel auf Null zeigt. Die Visierlinie geht nun nach (magnetisch) Nord, und wenn man jetzt sogleich auf die Lattenpunkte einstellt, so sind die Ablesungen am Horizontalkreis ohne weiteres die magnetischen Azimute der Visuren. Weniger genau kann man sie auch an der Bussolenteilung direkt bestimmen.

Einer der Lattenpunkte wird zum neuen Standpunkt gemacht, den man auch durch Rückwärtsmessung nach dem ersten besonders genau festlegt u. s. w. Die Genauigkeit der tachymetrischen Aufnahme ist aber immer grösser, wenn die Instrumentenstandpunkte durch eine voraufgegangene Horizontal- und Vertikalmessung schon vorher gegen einander festgelegt waren, so dass die tachymetrische Messung in dieser fortwährend eine Kontrolle findet.

Die kartographische Darstellung der Aufnahme geschieht, wenn eine trigonometrische oder polygonometrische Vermessung vorhergegangen war, in der Weise, dass man zunächst die Standpunkte des Tachymeters (durch ihre rechtwinkligen Horizontalkoordinaten) aufträgt; die Vertikalkoordinate schreibt man neben den Punkt. Die Lattenpunkte verzeichnet man darauf mit Hilfe von Transporteur und verjüngtem Massstabe, an jeden der erhaltenen Punkte wird seine Höhenzahl angeschrieben.

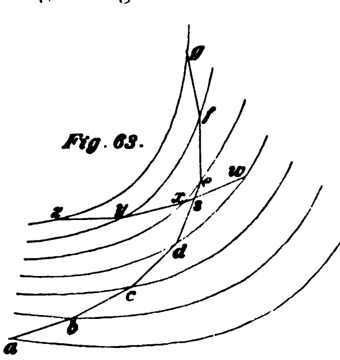
Die ausserordentlich bequeme tachymetrische Methode ist allein nicht anwendbar in ganz unübersichtlichem Terrain, also bei sehr dichter Bewaldung.

§ 29. Die Horizontalkurven. Das Nivellement einer Fläche und die daraus abgeleiteten Längen- und Querprofile liefern ebensowenig wie die tachymetrische Aufnahme sehr vieler Punkte ein anschauliches Bild von der Konfiguration eines Teils der Erdoberfläche, von seinen Erhöhungen und Vertiefungen. Das leisten nur die auf Grund der nivellitischen, tachymetrischen oder barometrischen Aufnahme in den Situationsplan eingezeichneten Horizontalkurven, auch Schichtenlinien, Höhenkurven, Isohypsen genannt. Es sind das diejenigen Kurven, in denen das Gebiet von einem System horizontaler Ebenen geschnitten wird; alle Punkte einer solchen Kurve haben also die gleiche Höhe. Den schneidenden Horizontalebenen giebt man den gleichen Abstand z. B. von 5 m oder von 10 m. Werden diese Kurven mit in den Situationsplan aufgenommen und je mit ihrer Höhenzahl bezeichnet, z. B. 120, 125, 130 m . . ., so kann man die Höhen auch aller zwischen den Kurven liegenden Punkte durch Interpolation feststellen und erhält zugleich ein Gesamtbild von der Konfiguration der Erdoberfläche. Da wo die Kurven dichter beieinander liegen, ist das Gefälle stärker; das stärkste Gefälle herrscht auf den die Kurven senkrecht durchschneidenden Richtungen, da auf ihnen der Horizontalabstand der Kurven am kleinsten ist. Bei der Einzeichnung der Horizontalkurven kann man nun zwei Wege einschlagen: Entweder man nimmt auf freiem Gelände die Punkte einer Horizontalkurve direkt auf und überträgt sie dann auf den Situationsplan. Oder — und dies ist das fast allein übliche Ver-

fahren — man bestimmt die Höhen passend ausgewählter, das Terrain bestimmender Punkte beliebiger Höhe im Gelände und konstruiert aus ihnen die Horizontalkurven erst auf dem Plan. Für diese Konstruktion, die im wesentlichen eine Interpolation von Punkten mit runden Höhen, z. B. 120 m aus Punkten mit nahe bei 120 m liegenden Höhen ist, sind eine grosse Zahl teils technischer, teils zeichnerischer Hülfsmittel in Vorschlag gebracht worden und werden teilweise auch angewendet. Man kommt aber ganz ohne solche aus, wenn man zuerst die Profile, am besten auf Koordinatenpapier zeichnet. Hiebei wählt man für die Ordinaten (Höhen) einen grösseren Massstab als für die Abscissen (Horizontalabstände). Seien z. B. a, b, c drei ganz oder nahe in gerader Linie liegende Punkte, deren Höhen zu 121,5. 128,0. und 133,2 m bestimmt wurden. Nachdem aus ihnen (und den ebenfalls gemessenen Horizontalabständen) die Profillinie der drei Punkte gezeichnet ist, liefert diese sofort die Horizontalentfernungen zweier Punkte mit den Höhen 125 m und 130 m von den drei aufgenommenen Punkten. Aus anderen Profillinien werden weitere Punkte mit den Höhen 125 m und 130 m bestimmt und in die Karte eingetragen, und schliesslich werden die beiden Kurven 125 und 130 in freiem Zuge gezeichnet.

Man soll aber niemals versäumen, schon im Gelände nach Augenmass den voraussichtlichen Verlauf der Horizontalkurven in eine Skizze einzuzeichnen und diese bei der Hausarbeit zu Rat zu ziehen. Sonst sind, wenigstens bei komplizierten Terrainformen, Irrtümer bei der Zeichnung der Kurven nur schwer zu vermeiden.

Liegt umgekehrt eine Karte mit Schichtenlinien vor, so ist es leicht, mit ihrer Hilfe Profile zu zeichnen. Man lege in der Richtung, für welche man ein Profil zu haben wünscht, eine Gerade auf die Karte und entnehme mit Hilfe des Kartenmassstabs als Abscissen die horizontalen Abstände der Punkte, in denen die Gerade die Horizontalkurven schneidet; die Ordinaten sind die bekannten Höhenunterschiede der Kurven. Sehr bequem sind die Horizontalkurven bei der Projektierung eines Wegs von bestimmtem Gefälle, der von einem Punkte a ausgehen und in einem Punkte z endigen möge. Man berechnet zuerst aus $L = H \cdot \mathrm{ctg}\,\alpha$ die horizontale Länge L einer Geraden, die den gegebenen Neigungswinkel α gegen den Horizont besitzt, und deren Endpunkt um den Vertikalabstand H zweier benachbarter Horizontalkurven höher liegt als der Anfangspunkt. Diese Länge (im Kartenmassstab) nimmt man in den Zirkel, sticht in a (Fig. 63) ein (das auf einer Horizontalkurve liegen möge) und bringt die andere Spitze auf die nächste Kurve. Von den beiden in Betracht kommenden Punkten dieser Kurve wähle man z. B. den rechts liegenden b. Der Zirkel wird dann in b eingesteckt und Punkt c (auch wieder der rechts liegende) auf der nächsten Kurve gefunden u. s. f. In der gleichen Weise verfährt man von Punkt z aus, um schliesslich den Schnittpunkt s der beiden Züge zu finden. Der Weg abcdsxyz erfüllt die Bedingung, unter dem Winkel α gegen den Horizont zu verlaufen. So kann man — da von jedem der Zwischenpunkte aus immer zwei mögliche Wege bis zum nächstfolgenden gefunden werden — eine Anzahl von Wegzügen konstruieren und unter ihnen den den übrigen Anforderungen am besten genügenden auswählen.



Ueber die Benutzung der Horizontalkurven für die Zwecke des Waldwegebaus ist Weiteres zu ersehen im Abschnitt „Transportwesen“ des Handbuchs.

Aus der Gleichung $L = H \cdot \mathrm{ctg}\,\alpha$ ergiebt sich umgekehrt der Böschungswinkel α,

wenn L und H' gegeben sind; H ist aber der Abstand der Schichtenlinien, und der Horizontalabstand L der Punkte zweier benachbarter Schichtenlinien lässt sich mit dem Zirkel auf dem Massstab der Karte abgreifen. Somit berechnet man α aus $\mathrm{tg}\alpha = \frac{H}{L}$ für jede zwei Niveaulinien verbindende Grade. Man giebt wohl auch der Karte von Haus aus einen „Böschungsmassstab" bei, indem man für eine Reihe von Böschungswinkeln α zu gegebenen H die Horizontalabstände L berechnet und als (ungleiche) Teile einer geraden Linie aufträgt. Graphisch verfertigt man (weniger genau) den Böschungsmassstab so, dass man an eine Gerade mit dem Transporteur die Winkel α etwa von 5^0 zu 5^0 anträgt und auf dem Winkelschenkel 90^0 eine Senkrechte im Abstand H der Schichtenhöhe errichtet. Die Abschnitte, welche auf ihr durch die Winkelschenkel abgeschnitten werden, sind dann die zu den Winkeln gehörigen Horizontalentfernungen.

Durch die Terraindarstellung mittelst Schichtlinien ist fast vollständig die Methode der Bergstriche (Schraffen) verdrängt worden. Diese stellt die Bodenneigung durch schwarze Striche dar, deren Breite im Vergleich zu ihrem weiss bleibenden Abstand mit dem Böschungswinkel wechselt, derart, dass eine Fläche von z. B. 50^0 Neigung ganz schwarz dargestellt wird, während eine horizontale Fläche ganz weiss bleibt. Die Richtung der Bergstriche läuft mit der Richtung grösster Bodenneigung, die Striche stehen demnach senkrecht auf den Horizontalkurven. Eine im Terrain sehr nahe horizontal verlaufende Richtung, z. B. die nur sehr schwach geneigte Sohle einer Schlucht würde also im Plan durch eine weisse Linie dargestellt, während ihre Hänge mit senkrecht auf ihr stehenden Schraffen bezeichnet werden. Ist aber die Sohle etwas stärker geneigt, dann bilden die Schraffen der Hänge spitze Winkel mit ihr. Der Nachteil der Schraffierung besteht darin, dass sie das Detail der Karte namentlich bei stärkerer Bodenneigung unkenntlich machen, und dass man die Höhen nicht direkt ablesen kann.

IV. Triangulierung.

Wenn in dem Dreieck abc (Fig. 64) eine Seite ab und die drei Winkel $\alpha\beta\gamma$ (oder wenigstens zwei von ihnen, da der dritte dann durch Abzug ihrer Summe von 2R berechnet werden kann) gemessen sind, so lassen sich die beiden anderen Seiten nach dem Sinussatze berechnen, es wird

$$bc = ab \cdot \frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} \quad \text{und} \quad ca = ab \cdot \frac{\sin\beta}{\sin\gamma}.$$

Fig. 64.

Man kann nun den Seiten dieses ersten Dreiecks drei weitere Dreiecke anliegend denken; in ihnen nur die Winkel messen und doch nach obiger Regel die Seiten berechnen u. s. f.

Beliebige Punkte der Erdoberfläche seien nun durch gerade Linien so verbunden, dass ein System von Dreiecken entsteht, von welchen ein jedes mit einem Nachbardreieck mindestens eine Seite gemeinsam hat. Dann sind also alle Seiten dieses Netzes von Dreiecken aus einer einzigen gemessenen Seite, der Basis, berechenbar, wenn nur genügend viele Winkel gemessen worden sind.

Das ist das Prinzip der Triangulierung, derjenigen Messoperation, auf welcher die Aufnahme grosser Teile der Erdoberfläche beruht.

§ 30. Landesvermessung. Die Vermessung eines ganzen Landes geht also von der — sehr genau zu ermittelnden — Kenntnis einer nicht sehr langen (etwa 4—8 km) Basis ab (Fig. 65) und einer grossen Zahl sehr sorgfältig mit den besten Theodoliten gemessener Winkel aus; diese Grössen werden zunächst zur Berechnung der Seiten gewisser Hilfsdreiecke abc, abd, bcd benutzt und aus diesen weiter die

Seiten grösserer Dreiecke cde, cdf, efc, efd berechnet. Die letzteren sind 20—50 und mehr km lang. An die Seiten fc, ce, ed, df legen sich weitere grosse Dreiecke an u. s. f.

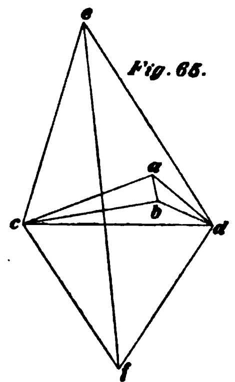


Fig. 66.

Wenn man in einem der Eckpunkte noch die astronomische Nord-Süd-Linie und also das Azimut einer von ihm ausgehenden Dreieckseite bestimmt, so lassen sich auch die Azimute aller folgenden Dreieckseiten der Reihe nach auf die früher angegebene Weise berechnen. Aus den Azimuten und den Längen der Seiten berechnen sich weiter die Koordinatendifferenzen der Endpunkte jeder Seite, und aus diesen endlich die Koordinaten selbst, wenn diejenigen eines Punkts anderweit bekannt sind oder willkürlich zu Null (Koordinatenanfangspunkt) angenommen werden.

Ein Dreiecksnetz mit Seiten von mehr als 20 km Länge heisst ein Netz I. Ordnung. Seine Eckpunkte dienen nun als Ausgangspunkte für die Berechnung eines Netzes mit kürzeren, 10 bis 20 km langen Seiten, des Netzes II. Ordnung, das sich über das erste Netz herüberlegt. Auf dem Netz II. Ordnung beruht sodann ein solches III. Ordnung mit Seiten von 3—10 km Länge und auf diesem endlich das Netz IV. Ordnung, dessen Seiten nur 1—3 km lang sind. Die Dreiecke der beiden letzten Netze werden stets als ebene berechnet. Das Resultat einer solchen Landesvermessung ist also in dem Koordinatenverzeichnis einer grossen Zahl, durch ihre Lage hervorragender Punkte, der trigonometrischen Punkte I. bis IV. Ordnung, niedergelegt, aus welchem Auszüge jederzeit zur Verfügung stehen. Die Koordinatensysteme wechseln mit den Landesteilen, in Preussen sind allein etwa vierzig Systeme im Gebrauch.

§ 31. Anschluss einer Aufnahme an die Landesvermessung. Je grösser und je reicher gegliedert eine aufzunehmende Fläche ist, desto mehr wird es nötig, der Aufnahme ein „Netz“ zu Grunde zu legen. Besitzt z. B. ein Polygon, etwa ein Wald, obzwar von mässiger Grösse, doch sehr viele Seiten, so legt man zur Vermeidung starker Fehleranhäufung um ihn ein „Netzpolygon“ von weniger Seiten herum, vermisst dieses mit Theodolit und Stahlband und bindet darauf die Eckpunkte des gegebenen Polygons durch Fällung von Senkrechten auf die benachbarten Seiten des Netzpolygons an dieses an. Je grösser das aufzunehmende Polygon ist, desto nötiger wird es, das Netzpolygon zu teilen, d. h. auch durch das Innere noch „Polygonzüge“ zu legen, deren Enden an Punkte des äusseren Netzpolygons anschliessen, und an diese die innere Aufnahme etwa durch Fällung von Senkrechten anzuknüpfen.

Solche Polygonzüge, die, wie später auseinanderzusetzen, wieder in Haupt- und Nebenzüge zerfallen, sind es in der That, an welche die Stück-(Klein-)vermessung anknüpft, ihre Abschnitte dienen als Abszissenaxen bei der Aufnahme mittelst rechtwinkliger Koordinaten (§ 12). Wird, sobald die aufzunehmende Fläche eine gewisse Grösse, meist 100 ha, überschreitet, die Bedingung gestellt, dass an die Landesvermessung angeschlossen werden soll, mit anderen Worten, dass die Koordinaten der Flächenpunkte auf eins der Systeme sich beziehen sollen, welche bei der Landesaufnahme in Gebrauch sind, dann müssen die Polygonzüge an solche Punkte angeknüpft werden, deren Koordinaten in dem betr. System der Landesaufnahme gegeben sind, und das sind die trigonometrischen Punkte I.—IV. Ordnung.

Aber diese Punkte liegen, namentlich für die Aufnahme unübersichtlichen Terrains, wie es Waldungen sind, meist nicht dicht genug, es wird die Einschaltung weiterer Punkte erforderlich, und das kann entweder in der Weise geschehen, dass man über das Triangulationsnetz IV. Ordnung noch ein vollständiges engeres Dreiecksnetz (V. Ordnung) legt, oder so, dass man von den Punkten I.—IV. Ordnung aus nur noch einzelne

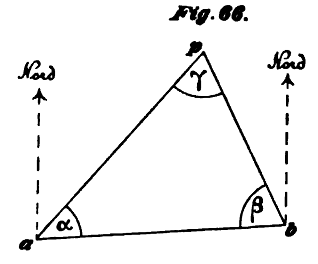
günstig gelegene Punkte trigonometrisch bestimmt. Die Legung eines Netzes V. Ordnung kommt selten vor, in Preussen z. B. begnügt man sich mit der Einführung trigonometrischer „Beipunkte“, die im Anschluss an die Punkte I.—IV. Ordnung trigonometrisch derart festgelegt werden, dass sich zwischen trigonometrischen Haupt- oder Beipunkten Polygonzüge von recht gestreckter Form führen lassen. In solchen Beipunkten lässt man gern verschiedene Polygonzüge sich durchkreuzen, so dass der Beipunkt zu einem „Knotenpunkt“ von Polygonzügen wird. Ausnahmsweise, namentlich im Innern von Waldungen, kann man die trigonometrische Festlegung eines solchen Bei- und Knotenpunkts von trigonometrischen Hauptpunkten aus wegen beschränkter Visuren wohl auch unterlassen und den Knotenpunkt nur möglichst scharf dadurch festlegen, dass man seine Koordinaten aus allen in ihm zusammenlaufenden Zügen berechnet und das Mittel nimmt.

Im deutschen Reich ist die Landes-Triangulierung überall soweit gefördert, dass eine durchaus selbständige Dreieckslegung zum Zwecke einer grösseren Waldvermessung wohl nirgends mehr nötig ist. Sollte aber das Landesdreiecksnetz irgendwo in seiner Entwicklung noch zurück, d. h. sollten die Dreiecke noch so gross sein, dass man in die Notwendigkeit versetzt würde, in diese zunächst noch eine Anzahl kleinerer Dreiecke hinein zu legen, so würde man doch auf alle Fälle die selbständige Ausmessung einer Basis und die Beobachtung ihres Azimuts sparen. Denn als Basis des neuen Dreiecksnetzes würde man eine der schon vorhandenen Dreiecksseiten wählen, deren Länge und Azimut aus den gegebenen Koordinaten ihrer Endpunkte sofort berechnet werden können.

Es sei deshalb bezüglich der Legung und Ausmessung eines Dreiecksnetzes nur folgendes bemerkt. Die Auswahl der Punkte soll so geschehen, dass sie möglichst gleichmässig über das aufzunehmende Gebiet verteilt sind und dass man von jedem aus möglichst viele der übrigen anvisieren kann (Hohe Lage der Punkte). Man nehme Rücksicht darauf, dass recht viele von ihnen Standpunkte seien, d. h. solche, über denen man den Theodolit aufstellen kann. Die Fixpunkte, über denen dies nicht möglich ist (Kirchtürme), sind wegen ihrer weiten Sichtbarkeit als Dreieckspunkte nicht ganz zu vermeiden, sollen aber an Zahl beschränkt sein. Eine Winkelmessung von ihnen aus ist nur bei exzentrischer Aufstellung des Theodolits möglich, erfordert also eine Reduktionsrechnung auf den wahren Winkelscheitel. Man nimmt von jedem Dreieckspunkt aus nach sämtlichen übrigen anvisierbaren (und zwar mehrfach) sowohl den Horizontal- als den Höhenwinkel. Die gemessenen Horizontalwinkel prüft man daraufhin, ob 1) alle Winkel um einen Punkt herum die Summe 4 R und 2) alle Winkel eines Dreiecks die Summe 2 R ergeben. Eine sich herausstellende kleine Abweichung wird auf die betreffenden Winkel so verteilt, dass den Bedingungen durch die Winkelsumme genügt wird. Die Berechnung der Koordinaten kann unter Umständen von mehreren Dreiecksseiten der Landesaufnahme als Basis aus geführt werden, wodurch die Rechnung kontrolliert wird. Die Reihenfolge der Rechenoperationen (cf. § 18) ist: 1) Prüfung der Winkel auf die genannten beiden Bedingungen und Ausgleichung, ev. wenn nur zwei Winkel eines Dreiecks gemessen werden konnten, Bestimmung des dritten durch Abzug der gemessenen von 2 R. 2) Berechnung der Dreiecksseiten nach dem Sinussatz. 3) Berechnung ihrer Azimute aus dem Azimut der Basis und den Dreieckswinkeln, 4) Berechnung der Koordinatendifferenzen der Eckpunkte aus der Länge und dem Azimut der verbindenden Dreiecksseite. In jeder geschlossenen Figur muss die Summe der Abszissen — wie der Ordinatendifferenzen aufeinanderfolgender Eckpunkte gleich Null sein, anderenfalls ist auf Null auszugleichen. 5) Berechnung der Koordinaten selbst. 6) Berechnung der Höhenunterschiede an den Enden jeder

Dreiecksseite. Die algebraische Summe derselben sollte in jedem Dreieck gleich Null sein. Hierauf ist auszugleichen. 7) Bestimmung der Höhen selbst auf Grund der bekannten Höhe eines Basisendpunkts.

§ 32. **Punkteinschaltung in Dreiecksnetze.** Wenn durch die Landesvermessung bereits die Koordinaten der Netzpunkte IV. Ordnung gegeben sind, so genügt meist die Einschaltung weniger passend gelegener Punkte, von denen ein jeder **unabhängig** von den anderen mittelst zweier oder mehrerer Dreieckspunkte bestimmt wird.



Am meisten wird zu diesem Zweck die Methode des „Vorwärtsabschneidens" angewandt (Fig. 66). a und b sind zwei zugängliche Dreieckspunkte, von denen aus der einzuschaltende Punkt p angeschnitten werden kann. Ihre bekannten Koordinaten sind $x_a y_a$, $x_b y_b$. Gesucht sind die Koordinaten x, y von p.

Man messe die Horizontalwinkel α und β, und wenn möglich auch γ, damit eine Ausgleichung nach $\alpha + \beta + \gamma = 2R$ gemacht werden kann. Durch die Klammer ( ) sei das auf astronomisch Nord bezogene Azimut der in ( ) stehenden Seite bezeichnet. So ist

$$\mathrm{tg(ab)} = \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a} \qquad \mathrm{ab} = \frac{y_b - y_a}{\sin(\mathrm{ab})} = \frac{x_b - x_a}{\cos(\mathrm{ab})}$$

$$\mathrm{ap} = \mathrm{ab} \, . \, \frac{\sin\beta}{\sin\gamma} \qquad \mathrm{bp} = \mathrm{ab} \, . \, \frac{\sin\alpha}{\sin\gamma}$$

$$(\mathrm{ap}) = (\mathrm{ab}) - \alpha \qquad (\mathrm{bp}) = (\mathrm{ba}) + \beta = (\mathrm{ab}) \pm 2R + \beta$$

$$\sin(\mathrm{ap}) = \frac{y - y_a}{\mathrm{ap}} \qquad \cos(\mathrm{ap}) = \frac{x - x_a}{\mathrm{ap}}$$

also: $$y = y_a + \mathrm{ap} \, . \sin(\mathrm{ap}) \qquad x = x_a + \mathrm{ap} \, . \cos(\mathrm{ap})$$

und zur Kontrolle:

$$\sin(\mathrm{bp}) = \frac{y - y_b}{\mathrm{bp}} \qquad \cos(\mathrm{bp}) = \frac{x - x_b}{\mathrm{bp}}$$

also: $$y = y_b + \mathrm{bp} \, . \sin(\mathrm{bp}) \qquad x = x_b + \mathrm{bp} \, . \cos(\mathrm{bp}).$$

Für die Berechnung von (ab) beachte man, dass wegen des immer positiven Werts der Länge ab nach der 2. Gleichung das Vorzeichen von sin(ab) mit dem von $y_b - y_a$ und nach der 3. Gleichung das von cos(ab) mit dem von $x_b - x_a$ übereinstimmen muss; dass daher gemäss der 1. Gleichung der Azimutwinkel (ab) im

	1.	2.	3.	4.	Quadranten liegt,
wenn der Zähler	+	+	—	—	
und der Nenner	+	—	—	+	ist.

Man hat deshalb, wenn der Winkel im 3. Quadranten liegt, zwar in die tg-Tafel einzugehen, muss aber zu dem gefundenen Winkel 2R addieren, und wenn der Winkel im 2. oder 4. Quadranten liegt, die ctg-Tafel nachzuschlagen und 1 R oder 3 R hinzuzufügen.

Fig. 67.

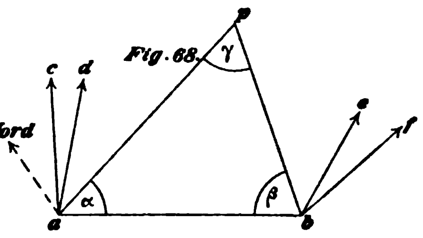
Vielfach ist es nicht möglich, den Theodolit in der durch den Dreieckspunkt gehenden Vertikallinie aufzustellen; die Messung wird dann exzentrisch ausgeführt.

Das Instrument befinde sich im Punkte c in der verhältnismässig kleinen Entfernung ca vom Punkte a (Fig. 67). Man kann nun in c den exzentrischen Winkel ε und in b und p die (kleinen) Winkel ζ und η messen; so erhält man den gesuchten Winkel α aus $\varepsilon + \eta = \alpha + \zeta$

zu $\alpha = \varepsilon + (\eta - \zeta)$.

Die Messung der Winkel η und ζ kann man auch ersetzen durch die des Winkels δ und der kleinen Strecke ca, wenn man nur die Seiten ab und ap kennt. Es ist aber ab gegeben und $ap = ab \cdot \frac{\sin\beta}{\sin\gamma}$, und daraus berechnet sich

$$\sin\eta = \frac{ca}{ap} \cdot \sin(\delta + \varepsilon) \qquad \sin\zeta = \frac{ca}{ab} \cdot \sin\delta.$$



Die direkte Messung der Winkel α und β kann nicht möglich sein, weil die Visur von a nach b nicht frei ist. Sie lassen sich dann (Fig. 68) aus der Beobachtung nach zwei oder mehreren anderen Dreieckspunkten c, d, e, f, die von a oder b aus sichtbar sein sollen, ableiten. Man stelle von a aus der Reihe nach den Theodolit auf c, d und p (und dann wieder rückwärts auf d und c) ein und bilde die Winkel cap und dap. Da aus den gegebenen Werten der Koordinaten von c und d die Azimute (ac) = Nac und (ad) = Nad sofort zu berechnen sind, so folgen durch Summierung zwei Werte für das Azimut (ap) = Nap. In gleicher Weise gelangt man zur Kenntnis des Azimuts (bp). (ab) und ab sind nach den früheren Formeln aus den Koordinaten von a und b zu berechnen.

Daher ergeben sich nun auch die Winkel α, β, γ aus den Gleichungen:

$$\alpha = (ab) - (ap)$$
$$\beta = (bp) - (ba) = (bp) - (ab) \pm 2R.$$
$$\gamma = (pa) - (pb) = (ap) - (bp).$$

Auf die so berechneten Winkel ist die Probe $\alpha + \beta + \gamma = 2R$ zu machen. Nachdem die Winkel bestimmt sind, wird nach den früheren Formeln weiter gerechnet.

Mittelst des Vorwärtseinschneidens lässt sich fast stets die Punkteinschaltung bewirken, durch welche der Anschluss eines Polygonzuges des zu vermessenden Waldes an das Dreiecksnetz der Landesvermessung ermöglicht wird. Theoretisch interessant ist noch diejenige Methode der Anschlussgewinnung, welche 3 Punkte des Dreiecksnetzes als bekannt, jedoch unzugänglich voraussetzt, während der einzuschaltende Punkt die Aufstellung des Theodoliten gestattet (Pothenotsche Aufgabe).

Ferner kommt noch die „Aufgabe der zwei unzugänglichen Punkte" (Hansensche Aufgabe) in Betracht, bei welcher zwei Dreieckspunkte gegeben sind, auf denen der Theodolit nicht aufzustellen ist, während auf zwei einzuschaltenden Punkten, z. B. Polygonpunkten die Aufstellung erfolgen kann und von beiden aus die zwei unzugänglichen Dreieckspunkte beobachtet werden können. Wir verzichten auf die Darstellung dieser Fälle, da beim Anschluss einer Forstvermessung an ein vorhandenes Dreiecksnetz .wohl kaum von ihnen Gebrauch gemacht werden wird.

§ 33. **Legung von Polygonzügen unter Anschluss an die Landesaufnahme.** Nachdem das Dreiecksnetz der Landesaufnahme durch trigonometrische Einschaltung weiterer Punkte vervollständigt ist, werden die trigonometrischen Punkte durch polygonale Züge mit anderen Punkten und mit einander in Verbindung gebracht.

Der Polygonzug (Fig. 69) habe den Anfangspunkt o (Koord. $x_o\, y_o$), den Endpunkt n (Koord. $x_n\, y_n$) und die Brechungspunkte 1, 2, ... n — 1 (Koord. $x_1\, y_1 - x_2\, y_2 - \ldots x_{n-1}\, y_{n-1}$). Die Brechungswinkel $\beta_1 = 012$, $\beta_2 = 123$ ... mögen in der Richtung der Uhrzeigerbewegung, vom vorhergehenden zum folgenden Schenkel hin gemessen werden (in der Figur ist das Fortschreiten in der Richtung von o nach n gedacht).

1) Anschluss des Zugs in seinem Anfangspunkt an ein gegebenes Koordinatensystem. Es seien zuerst als gegeben vorausgesetzt die Koordinaten des Anfangspunkts $x_o\, y_o$ sowie diejenigen eines anderen von o aus sichtbaren Punkts p: $x_p\, y_p$. Man messe den Anschlusswinkel $\beta_o = p o 1$ im Punkt o, berechne den Richtungs-

winkel (o,p) aus $tg\,(o,p) = \frac{y_p - y_o}{x_p - x_o}$, dann ist der Richtungswinkel von o nach 1

$$(o,1) = (op) + \beta_o = \alpha_o.$$

Fig. 69.

Hieraus und aus den gemessenen Brechungswinkeln $_1 \ldots \beta_{n-1}$ berechnet man weiter

$$(1,2) = (o,1) + \beta_1 \pm 2R = \alpha_1$$
$$(2,3) = (1,2) + \beta_2 \pm 2R = \alpha_2$$
$$- \quad \ldots \quad - \quad - \quad -$$
$$(n-1,n) = (n-2,n-1) + \beta_{n-1} \pm 2R = \alpha_{n-1}$$

Die Seitenlängen des Polygonzugs seien gemessen zu

$s_o = o,1 \quad s_1 = 1,2 \quad \ldots \quad s_{n-1} = n-1, n.$

Es findet sich also jetzt

$$x_1 - x_o = s_o \,.\, \cos\alpha_o \qquad y_1 - y_o = s_o \,.\, \sin\alpha_o$$
$$x_2 - x_1 = s_1 \,.\, \cos\alpha_1 \qquad y_2 - y_1 = s_1 \,.\, \sin\alpha_1$$
$$- \quad - \quad - \quad - \qquad - \quad - \quad - \quad -$$
$$x_n - x_{n-1} = s_{n-1} \,.\, \cos\alpha_{n-1} \qquad y_n - y_{n-1} = s_{n-1} \,.\, \sin\alpha_{n-1}$$

Aus diesen Gleichungen berechnet man der Reihe nach

$$x_1 = x_o + s_o \,.\, \cos\alpha_o \qquad y_1 = y_o + s_o \,.\, \sin\alpha_o$$
$$x_2 = x_1 + s_1 \,.\, \cos\alpha_1 \qquad y_2 = y_1 + s_1 \,.\, \sin\alpha_1$$
$$- \quad - \quad - \qquad - \quad - \quad -$$
$$x_n = x_{n-1} + s_{n-1} \,.\, \cos\alpha_{n-1} \qquad y_n = y_{n-1} + s_{n-1} \,.\, \sin\alpha_{n-1}$$

Summe $\quad x_n = x_o + \Sigma[s \,.\, \cos\alpha] \qquad y_n = y_o + \Sigma[s \,.\, \sin\alpha].$

Die aus der Summengleichung folgenden Werte für $x_n\, y_n$ müssen mit den aus der vorhergehenden Gleichung hervorgegangenen übereinstimmen, wenn die Rechnung richtig geführt ist.

2) Anschluss des Zugs im Anfangs- und im Endpunkt an ein gegebenes Koordinatensystem. Sobald auch noch die Koordinaten $x_n\, y_n$ des Endpunkts n gegeben sind, liefern die letzten beiden Gleichungen nicht nur eine Rechnungs- sondern auch eine Messungsprobe, da $\Sigma[s \,.\, \cos\alpha]$ gleich dem gegebenen Wert von $x_n - x_o$ und $\Sigma[s \,.\, \sin\alpha] = y_n - y_o$ sein muss. Nun sei jetzt auch noch ein von n aus anzielbarer Punkt q mit den bekannten Koordinaten $x_q\, y_q$ vorhanden. Der Abschluss-Brechungswinkel β_n werde gemessen. Es sind also nunmehr vier trigonometrische Punkte durch ihre Koordinaten gegeben, p, o, n und q.

Die Richtungswinkel mögen von p, o, 1, 2 .... n bis q durchgezählt werden, sie seien

$(p, o) = \alpha_{oo} \quad (o, 1) = \alpha_o \quad (1, 2) = \alpha_1 \quad \ldots\ldots \quad (n-1, n) = \alpha_{n-1} \quad (n, q) = \alpha_n.$

Die gemessenen Brechungswinkel sind:

$$\beta_o \qquad \beta_1 \qquad \beta_2 \,\ldots\ldots\ldots\ldots\, \beta_n.$$

Man berechne $(po) = \alpha_{oo}$ und $(n, q) = \alpha_n$ aus

$$tg\alpha_{oo} = \frac{y_o - y_p}{x_o - x_p} \qquad tg\alpha_n = \frac{y_q - y_n}{x_q - x_n}$$

$\alpha_o \; \alpha_1 \; \ldots . \; \alpha_{n-1}$ ergeben sich dann der Reihe nach aus

$$\alpha_o = \alpha_{oo} + \beta_o \pm 2R$$
$$\alpha_1 = \alpha_o + \beta_1 \pm 2R$$
$$- \quad - \quad -$$
$$\alpha_{n-1} = \alpha_{n-2} + \beta_{n-1} \pm 2R$$

und als Rechenprobe

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + \beta_n \pm 2R$$

Summe $\quad \alpha_n = \alpha_{oo} + \Sigma\beta \pm z \,.\, 2R.$

$\pm z . 2R$ ist ein unbestimmt bleibendes Vielfaches von 2R, das deshalb gar nicht bestimmt zu werden braucht, weil man zu jedem Richtungswinkel $\pm 4R$ beliebig addieren kann. Wegen unvermeidlicher Messungsfehler wird

$\alpha_n - \alpha_{oo}$ nicht genau gleich $\Sigma\beta (\pm z . 2R)$ sein.

Man verteilt die Differenz, wenn sie klein ist, auf alle Brechungswinkel β, berechnet die α neu und erhält dann die Summengleichung frei von Widerspruch.

Mit den verbesserten α berechnet man

$$
\begin{array}{ll}
x_1 - x_0 = s_0 . \cos\alpha_0 & y_1 - y_0 = s_0 . \sin\alpha_0 \\
x_2 - x_1 = s_1 . \cos\alpha_1 & y_2 - y_1 = s_1 . \sin\alpha_1 \\
- \quad - \quad - & - \quad - \quad - \\
x_n - x_{n-1} = s_{n-1} . \cos\alpha_{n-1} & y_n - y_{n-1} = s_{n-1} . \sin\alpha_{n-1} \\
\hline
\text{Summe } x_n - x_0 = \Sigma[s . \cos\alpha] & y_n - y_0 = \Sigma[s . \sin\alpha].
\end{array}
$$

Die letzten beiden Gleichungen geben zwei Proben ab. Ist — was im allgemeinen immer der Fall sein wird — $\Sigma[s . \cos\alpha]$ nicht genau gleich der gegebenen Grösse $x_n - x_0$ und $\Sigma[s . \sin\alpha]$ nicht genau gleich $y_n - y_0$, so werden die — als klein vorausgesetzten — Differenzen auf die Einzelwerte von $s . \cos\alpha$ und $s . \sin\alpha$ verteilt (gewöhnlich im Verhältnis der Längen s), und dann schliesslich die Koordinaten $x_1 y_1$, $x_2 y_2$ ..... $x_{n-1} y_{n-1}$ aus den obigen Gleichungen berechnet.

Wo es irgend möglich ist, wird man im Interesse der Sicherheit der Messungen den Polygonzug auch in seinem Endpunkt an trigonometrische Punkte anschliessen. Solche Züge heissen Haupt-Polygonzüge. Man giebt ihnen, soweit möglich, einen ziemlich geradlinigen Verlauf ohne stark ein- und ausspringende Ecken, und ziemlich gleich lange Seiten (zwischen 100 m und 300 m). Ihre Lage wählt man so, dass sie die Eigentumsgrenzen, die Hauptwege und die Hauptwasserscheiden — und Talzüge erfassen.

Zwischen Punkte von Hauptpolygonzügen legt man des weiteren Nebenzüge ein, deren Aufnahme weniger scharf erfolgen kann. Sie erfassen die weniger wichtigen Terrainlinien. Ihre Seiten dienen nun entweder direkt als Basis für die Kleinvermessung, oder man steckt zwischen zweien ihrer Punkte weitere gerade Linien — Messlinien — ab, gegen welche die Detailpunkte durch Perpendikelfällung festgelegt werden. Die günstige Anordnung der Haupt- und Nebenzüge und ev. der Messlinien ist für eine genaue Detailaufnahme von allergrösster Wichtigkeit.

Ueber die Einzelheiten der Vermessung, die Führung des Handrisses etc. geben die Vermessungsanweisungen der Staaten genaue Vorschriften.

Von den Hauptpolygonzügen bringt man öfters zwei oder mehrere zur Kreuzung in einem Punkte, den man dann Knotenpunkt nennt. Unter dem Verknoten der Polygonzüge versteht man sodann folgende Operation. Man berechnet das Azimut einer an den Knotenpunkt stossenden Polygonseite von allen trigonometrischen Punkten aus, von denen Verbindung nach dem Knotenpunkt besteht. Von allen diesen Werten des Azimuts nimmt man das Mittel, indem man den kürzeren Verbindungen einen stärkeren Einfluss auf den Mittelwert einräumt. Mit diesem Mittelwert verbessert man die Brechungswinkel in den einzelnen Zügen u. s. w. So erhält man schliesslich die Koordinaten des Knotenpunkts als das Mittel aus einer Anzahl aus den verschiedenen Richtungen berechneter Einzelwerte, wodurch der Knotenpunkt genauer bestimmt und zu einem Punkt höherer Ordnung erhoben ist.

VIII.

Waldwertrechnung und Statik.

Von

J. Lehr.

Für die 2. Auflage durchgesehen von H. Stoetzer.

Litteratur. Cotta, Systematische Anleitung zur Taxation der Waldungen, II. Abteilung. Berlin 1804. Ders., Entwurf einer Anweisung zur Waldwertberechnung. Dresden 1818, 4. Aufl. 1849. Klein, Formeln zu den Cotta'schen Waldwertberechnungstafeln. München 1823, 2. Ausgabe 1836. G. L. Hartig, Anleitung zur Berechnung des Geldwertes eines in Betreff seines Natural-Ertrages schon taxierten Forstes. Berlin 1818. Ders., Anweisung zur Taxation der Forste. 3. Aufl., Giessen 1813. Krause, Anleitung zur Abschätzung und Berechnung des Geldwertes der Forstgrundstücke. Leipzig 1812. v. Seutter, Grundsätze der Wertsbestimmungen der Waldungen. Ulm 1814. Hossfeld, Waldwertbestimmung. Hildburghausen 1825. Dritter Teil der Forsttaxation. Pernitzsch, Anweisung zur Waldwertberechnung. Leipzig 1820. Ders., Untersuchungen über Kapitalwert etc. der Wälder. Frankfurt 1842. v. Gehren, Waldwertberechnung. Kassel 1825. Hundeshagen, Forstabschätzung. Tübingen 1826, 2. Aufl. 1848. Riecke, Ueber die Berechnung des Geldwertes der Waldungen. Stuttgart 1829. Pfeil, Die Forsttaxation. Berlin 1833, 3. Aufl. 1858. König, Die Forstmathematik. Gotha 1835, 5. Aufl. 1864. Winckler, Waldwertschätzung. Wien 1836. Smalian, Forsteinrichtung. Berlin 1840. Reber, Handbuch der Waldtaxation. Kempten 1840. Hierl, Anleitung zur Waldwertsberechnung. München 1852. Breymann, Anleitung zur Waldwertberechnung. Wien 1855. Pressler, Rationeller Waldwirt. I. u. II. Dresden 1858 u. 1859. Ders., Forstfinanzrechnung. 4. Aufl. Tharand 1886. Burckhardt, Der Waldwert. Hannover 1860. 2. Aufl. 1898 (herausgegeben von Werner Burckhardt). Robert u. Julius Micklitz, Beleuchtung etc. des rationellen Waldwirts. Olmütz 1861. Beivinkler, Anleitung zur Waldwertberechnung. Pesth 1861. Albert, Lehrbuch der Waldwertberechnung. Wien 1862. Bose, Beiträge zur Waldwertberechnung. Darmstadt 1863. G. Heyer, Anleitung zur Waldwertrechnung. Leipzig 1865, 4. Aufl. 1892 (herausgegeben von Wimmenauer). Ders., Handbuch der forstl. Statik. I. Abteilung. Leipzig 1871. Anleitung zur Waldwertberechnung, verfasst vom Kgl. Preuss. Ministerial-Forstbüreau. Berlin 1866, neuer Abdruck 1888. Judeich, Die Forsteinrichtung. Dresden 1871, 5. Aufl. 1893. Kraft, Zur Praxis der Waldwertrechnung und forstlichen Statik. Hannover 1882. Ders., Beiträge zur forstlichen Zuwachsrechnung und zur Lehre vom Weiserprozente. Hannover 1885. Ders., Beiträge zur forstlichen Statik und Waldwertberechnung. Hannover 1887. Ders., Ueber die Beziehungen des Bodenerwartungswertes und der Forsteinrichtungsarbeiten zur Reinertragslehre. Hannover 1890. Baur, Handbuch der Waldwertberechnung. Berlin 1886. Borggreve, Forstabschätzung, 3. Teil: Die Waldwertrechnung. Berlin 1888. — Bose, Das forstliche Weiserprozent. Berlin 1889. Wimmenauer, Grundriss der Waldwertberechnung und forstlichen Statik mit einer Aufgabensammlung. Leipzig und Wien 1891. Martincit, Anleitung zur Waldwertberechnung und Bonitierung von Waldungen, Berlin 1892. Hess, Encyklopädie und Methodologie der Forstwissenschaft. 3. Teil: Forstliche Betriebs-

lehre, darin 2. u. 3. Buch Waldwertrechnung und forstliche Statik. München 1892. Stoetzer, Waldwertrechnung und forstliche Statik. Frankfurt a. M. 1894, 2. Aufl. 1898. Martin, Die Folgerungen der Bodenreinertragslehre für die Erziehung und die Umtriebszeit der wichtigsten deutschen Holzarten. 5 Bde. Leipzig 1894—1899. Endres, Lehrbuch der Waldwertrechnung und Forststatik, Berlin 1895. Trebeljahr, Die Rentabilität der Forstwirtschaft. Berlin 1897. Wagener, Die Waldrente und ihre nachhaltige Erhöhung, Neudamm 1899.

Von den vorstehend angeführten Schriften verdienen vorzüglich diejenigen von Pressler und Heyer hervorgehoben zu werden. Insbesondere hat sich Pressler um die praktisch anwendbare Gestaltung, Heyer um einen systematischen und logisch präzisen Ausbau der Waldwertrechnung verdient gemacht. Mehrere der älteren Schriften haben kaum einigen historischen Wert.

Von Zeitschriften, welche Abhandlungen über Fragen der Waldwertrechnung enthalten, sind insbesondere die Allg. Forst- und Jagd-Zeitung und das Tharander Jahrbuch zu erwähnen. Auch die Monatschrift für Forst- und Jagdwesen und das aus ihr hervorgegangene forstwissenschaftliche Zentralblatt enthalten mancherlei einschlagende Arbeiten, allerdings fast ausschliesslich solche, welche die Lehren von Pressler und Heyer bekämpfen.

I. Die Begriffe Waldwertrechnung und forstliche Statik [1]).

§ 1. Die Waldwertrechnung, als Teil der forstlichen Betriebslehre, befasst sich mit der Erörterung der Verfahren zur Bestimmung und Vergleichung der Kapitalgrössen, welche der Waldboden, dann der auf demselben stockende Holzvorrat, sowie der Wald als Einheit von Boden und Vorrat darstellen. Solche Rechnungen dienen nicht allein zur Bemessung eines vorhandenen Vermögensbestandes, zu zahlender Kaufsummen, von Abfindungen bei Ablösungen, zur Bezifferung der bei Enteignungen und Sachbeschädigungen zu gewährenden Vergütungen u. s. w., sondern sie haben auch die Grundlage für Ermittelung des besten Wirtschaftsverfahrens, demgemäss auch einen wichtigen Bestimmungsgrund für Einrichtung und Betrieb überhaupt zu bilden.

Die Anleitung dazu, wie die Forstwirtschaft rechnerisch auf ihren Vorteil zu prüfen ist, wurde früher und wird zum Teil auch heute noch unter dem Titel Waldwertrechnung erteilt. Dagegen hat G. Heyer die Methoden zur Ermittelung des besten Wirtschaftsverfahrens als besonderen Wissenszweig, getrennt von der Waldwertrechnung [2]), behandelt und hierfür die Bezeichnung „forstliche Statik" als „Rentabilitätsberechnung forstlicher Wirtschaftsverfahren" angewandt. Dieser „theoretischen Statik" stellte er die „angewandte Statik" gegenüber, welche jene Methoden in gegebenen Fällen auf Grund statistischer Erhebungen für praktische Zwecke oder für solche wissenschaftlicher Natur im forstlichen Versuchswesen verwertet. G. Heyer fasste hiernach den Begriff „Statik" nicht in dem gleichen Sinne auf, wie er in der Physik und in der Landwirtschaft verstanden wird, wenn ihn auch der gleiche Gedanke, wie er jenem Begriffe auf den genannten beiden Gebieten zu Grunde liegt, zur Wahl dieses Wortes veranlasst hatte. Die Statik der Physik ist die Lehre vom Gleichgewicht der Kräfte, die der Landwirtschaft in gewissem Sinne ebenfalls, indem sich dieselbe mit dem jeweiligen Wiederersatz nach einer erfolgten Minderung oder Erschöpfung der Bodenkraft befasst. Dementsprechend sollte auch die forstliche Statik von der Herstellung des wirtschaftlichen Gleichgewichtes handeln. Praktisch kann allerdings in der Waldwirtschaft oft nur von einer solchen Herstellung oder Wiederherstellung die Rede sein. Ebenso ist es im grossen ganzen das Endergebnis aller konkurrierenden Bestrebungen der verschiedenen Zweige und Unternehmungen der gesellschaftlichen Wirtschaft, sich gegenseitig zu einander in ein gewisses Gleichgewicht zu setzen. In jedem gegebenen Einzelfalle jedoch richtet man sein Augenmerk darauf, möglichst

1) Als Bearbeiter der 2. Aufl. glaubte der Unterzeichnete es dem Andenken des leider so früh verstorbenen Verfassers schuldig zu sein, dessen Eigenart nach Möglichkeit wahren zu sollen. Einzelne Vereinfachungen, besonders in den rein mathematischen Entwickelungen, sowie kleinere Ergänzungen wurden zur Erzielung einer möglichsten Verständlichkeit vorgenommen. H. Stoetzer.

2) Die Waldwertrechnung hätte sich nach Heyer nur mit der Bestimmung der oben genannten Kapitalgrössen zu befassen.

grosse Ueberschüsse zu erzielen und jenen Gleichgewichtszustand immer und immer wieder von neuem zu stören. Dies geschieht denn auch in der Forstwirtschaft, sofern sie nicht lediglich nach überlieferter, einseitig technischer Schablone eingerichtet ist, und zwar nicht allein von seiten der Privaten, sondern auch der meisten unserer heutigen Staatsforstverwaltungen, welche, wie eine jede Etatsberatung und auch andere Vorkommnisse bei An- und Verkäufen, Wegebauten, Einführung von Waldeisenbahnen, Ablösungen etc. zur Genüge beweisen, von dem gleichen Bestreben erfüllt sind. Erkennen wir einmal ein solches Streben grundsätzlich als berechtigt an, so hätten wir den Begriff „Statik" in einem weiteren Sinne aufzufassen, wie dies übrigens in Wirklichkeit auch Heyer bereits selbst getan hatte.

Das Wort Statik hatte schon früher durch Hundeshagen, C. Heyer u. a. in der forstlichen Litteratur Eingang gefunden, ohne dass jedoch immer Uebereinstimmung über die Bedeutung desselben herrschte. Wo es heute angewandt wird, wird es im Sinne G. Heyers genommen. Als gleichbedeutend werden auch die Bezeichnungen Rentabilitätslehre, Reinertragstheorie, sowie die weniger passende Benennung forstliche Finanzrechnung gebraucht. Die Bezeichnung „forstliche Reinertragstheorie" hat man deswegen gewählt, weil nach den Forderungen der Anhänger dieser Lehre die Waldwirtschaft so einzurichten ist, dass sie möglichst hohe Reinerträge (Ueberschüsse der Erträge über die sämtlichen Kosten) abwirft. Den Gegensatz zu derselben bildet die sog. Bruttoschule, welche, ohne auf die Kosten ausreichende Rücksicht zu nehmen, grundsätzlich nur möglichst hohe Ueberschüsse der Einnahmen über die baren Ausgaben erstrebt. In ihrer jetzigen, wenigstens in der Theorie vertretenen Form will diese Schule die grössten Waldreinerträge oder Durchschnittserträge erwirtschaftet haben. Sie unterscheidet sich von der Reinertragstheorie heute lediglich dadurch, dass letztere die Zinsen sämtlicher in der Wirtschaft gefesselten Kapitalien, insbesondere auch diejenigen vom Werte des Grundes und Bodens, sowie von dem stockenden Holzbestandeskapital unter die Kosten rechnet. Die Bruttoschule unterlässt dies grundsätzlich, auch nimmt sie keine Rücksicht auf die Zeit des Eingangs von Erträgen und der Verausgabung von Kosten; die Anhänger der forstlichen Reinertragstheorie dagegen halten grundsätzlich an dem Gedanken fest, dass Summen, welche später eingehen oder aufzuwenden sind, auch niedriger bemessen werden müssen, als wenn sie bereits in einer früheren Zeit in Aussicht stünden.

Eine strenge Scheidung zwischen Waldwertrechnung und Statik könnte wohl von dem Gesichtspunkte aus gerechtfertigt werden, dass viele Forstwirte die Anwendung der ersteren gestatten, wo sie eben nicht zu umgehen ist, so wenn es sich um Ablösungen, Verkauf, Schadenersatz u. dergl. handelt, ja dass sie sogar in solchen Fällen im eigenen Interesse die Unterstellung der nach den Grundsätzen der Statik ermittelten vorteilhaftesten Wirtschaft verlangen, während sie die letztere auf der anderen Seite wieder als unanwendbar erklären und nicht zugeben wollen, dass sie auch wirklich im Walde angestrebt werde. Statik und Waldwertrechnung sind nach dieser Anschauung begrifflich verschiedene Dinge, die Statik eine Art mathematischer, bei praktischer Anwendung gefährlicher Spielerei, die Waldwertrechnung ein wenigstens unvermeidlicher Ballast. Nun darf man aber wohl annehmen, dass jene meist unbewusste Zweiseelentheorie[3]) über Bord geworfen wird, sobald man sich davon überzeugt, dass eine echt wirtschaftlich durchgeführte Reinertragslehre keineswegs die ihr zugeschriebenen Folgen einer Waldverwüstung hat. Damit wird der vornehmste Grund, Waldwertrechnung und Statik als zwei besondere Wissenszweige von einander zu scheiden, in Wegfall kommen. Da ausserdem beide stofflich wesentlich zusammenfallen, so dürfte es sich empfehlen, sie unter einer Benennung, etwa derjenigen der Waldwertrechnung zu vereinigen. (Die neuere Entwickelung der Forstwirtschaft, nicht minder die Behandlung der Disziplinen Waldwertrechnung und Statik im forstlichen Unterricht, zeigt, dass die von dem Herrn Verfasser wahrgenommene Abneigung gegen eine finan-

---

3) Dem Verfasser sind mehrere Fälle bekannt, in denen ganz verschiedene Massstäbe angelegt wurden, je nachdem es sich um Abtretung und Erwerb von Gelände oder um Einrichtung der Wirtschaft handelte.

zielle Prüfung der Wirtschaftsmaximen gegen früher wesentlich geschwunden ist. Str.)

In der Waldwertrechnung spielen die volkswirtschaftlichen Begriffe Wert, Preis, Kapital, Rente eine hervorragende Rolle. Der früher keineswegs ungerechtfertigte Gebrauch, in einem langen „vorbereitendem Teile“ ganze Kapitel aus den sogenannten Grundwissenschaften vorzutragen, um denselben dann die Anwendungen folgen zu lassen, verdient heute mit Recht verworfen zu werden. Wenn hier trotzdem jene Begriffe besprochen werden, so geschieht dies mit besonderer Beziehung auf unsern Gegenstand; denn auch da, wo letztere äusserlich nicht hervorzutreten scheint, sollen die folgenden Erörterungen, welche freilich nicht überall landläufige nationalökonomische Sätze und Anschauungen wiedergeben, dazu dienen, die der Waldwertrechnung eigentümlichen Begriffe vornehmlich zu beleuchten, sowie Auffassungen zu begegnen, welche ich nicht als zutreffend erachten kann.

II. Die Begriffe Wert und Preis.

§ 2. 1) Der Wertbegriff ist durchaus individueller Natur. Ein Gegenstand hat für eine bestimmte Person zu gegebener Zeit immer nur einen Wert, nie gleichzeitig mehrere Werte, wie etwa einen Erwartungs-, Kosten-, Verkaufswert u. s. w. Es ist hierbei gleichgiltig, ob die Person eine sog. „physische“ (einzelner Mensch) ist, oder eine mit einheitlichem Willen auftretende Gesellschaft. Regierung, Volksvertretung, Gemeinderat etc. bilden sich als solche bestimmte Urteile über die Bedeutung öffentlicher Anlagen, während die Schätzungen der einzelnen erheblich hiervon abweichen können. Wenn nun trotzdem gerade in der Waldwertrechnung von verschiedenen Wertarten die Rede ist, so sollen dies keineswegs Bezeichnungen für Wertschätzungen sein, welche nebeneinander bestehen. Es handelt sich hierbei vielmehr nur um Bezifferung von Summen, welche aufgewandt worden sind, oder von aus jetzigen und späteren Verkäufen zu erzielenden Erlösen. So bedeutet der Ausdruck „Kostenwert“ keineswegs eine Wertart, wenn allerdings auch in einem gegebenen Falle die Kosten recht wohl einen Massstab für die Wertschätzung abgeben können. Er empfiehlt sich nicht wegen etwaiger Richtigkeit seiner Zusammensetzung, sondern wegen seiner Kürze und wegen der Schwierigkeit, ihn durch einen anderen passenderen zu ersetzen. Gleiches gilt von den Bezeichnungen Erwartungswert und Verbrauchswert, welche kurz den Inhalt ganzer Sätze wiedergeben.

Die Höhe des Wertes, welchen wir einem Gegenstande beilegen, ist abhängig von unseren Bedürfnissen, Neigungen und unserer wirtschaftlichen Lage, dann von seiner technischen Brauchbarkeit zur Zweckerfüllung und von dem Widerstande, welchen Natur und soziale Verhältnisse seiner Erlangung entgegenstellen. Diese Elemente der Wertschätzung, welche einander gegenseitig beeinflussen, sind zeitlich und persönlich wandelbar. Darum kann nicht allein ein und demselben Dinge, je nach der Geschmacksrichtung, der wirtschaftlichen Lage der Schätzenden, der Erkenntnis seiner Eigenschaften von verschiedenen Personen ein ganz verschiedener Wert beigelegt werden, sondern auch die Wertschätzungen eines und desselben Menschen können sich von Zeit zu Zeit ändern. Gerade diese Ungleichheit der Wertschätzung ist der eigentliche Grund aller Tausche. Allerdings sind Uebereinstimmungen nicht ausgeschlossen; auch werden die Unterschiede in der Höhe des Wertes, welchen mehrere Personen einem Dinge beilegen, in vielen Fällen nicht sehr erheblich sein, indem Sitte, Gewohnheit, Standeszugehörigkeit etc. das Urteil beeinflussen, die Schwierigkeit der Erlangung für alle die gleiche ist u. s. w.

In der Volkswirtschaftslehre und Rechtswissenschaft ist es nun üblich geworden, eine grössere Zahl von Wertarten zu unterscheiden, indem man dabei vorzüglich je einen der zahllosen Beweggründe der Wertschätzung, bald die Eigenschaften des Gegenstandes, bald den Preis oder die Art der Verwendung desselben etc. ins Auge fasst. Aus irgendwelchen Gründen (teueres Andenken, Kunstsinn, Jagdliebe etc.) kann ein Gegenstand jemand ausserordentlich wertvoll sein, während andere ihn nicht so hoch schätzen. Man spricht dann von einem „Wert der besonderen Vorliebe“, „Affektionswert“ (pretium affectionis), ein Begriff, mit welchem sich die Waldwertrechnung als Teil einer Gewerbslehre nicht weiter zu befassen braucht. Für die Preisbildung bei Waldprodukten ist er praktisch ohne Bedeutung. Insoweit aber der sog. Affektionswert bei An- und Verkauf von Wald und Waldgrund im freien Verkehr in gegebenen Fällen eine Rolle spielt, gehört er in den Bereich der individuellen Spekulation. Im übrigen könnten durch den besonderen Wert, welchen der Besitzer eines Waldes gewissen Wald- und Wirtschaftsformen beilegt nur die Grenzen bestimmt werden, innerhalb deren sich die Waldwertrechnung bewegen darf.

Ferner spricht man von einem „Form"-, „Stoff"-, „Orts"-, „Zeit"- etc. Wert, wenn Form oder Stoff für die Wertschätzung vorzüglich massgebend sind, bezw. wenn ein Gegenstand an einem bestimmten Ort oder zu bestimmter Zeit einen Wert, insbesondere einen hohen Wert hat.

Die Ausdrücke „Brennwert", „Nährwert" etc. sind echt technischer Natur; sie bedeuten nichts anderes als die von der Bequemlichkeit des Sprachgebrauchs so gern übersehenen Bezeichnungen „Brennkraft", „Nährgehalt" etc., Eigenschaften, welche bei der Wertschätzung nicht gerade allein den Ausschlag geben. Entwickelt die eine Holzart oder das eine Sortiment mehr Wärmeeinheiten als andere, so sind letztere nur unter sonst gleichen Umständen, wenn also ausschliesslich die Wärmeerzeugung zu würdigen ist, weniger wertvoll als jene. Das Umgekehrte kann leicht der Fall sein, wenn die gedachte Voraussetzung nicht zutrifft.

In der Nationalökonomie wird insbesondere der Gebrauchswert dem Tauschwert gegenüber gestellt. Ersterer ist nach der neueren Auffassung nichts anderes als der Wert, welchen ein Ding unter gegebenen Umständen für einen Menschen hat. Lässt sich dasselbe als Hilfsmittel für Darstellung neuer Güter verwenden, so spricht man von einem „Erzeugungswert", dagegen von einem „Genusswert" desselben, wenn es zur Genusserzielung (Konsumtion) dient und zwar schreibt man Gebrauchsgütern einen Gebrauchswert (i. e. S.) und Gütern, die verbraucht werden, einen Verbrauchswert zu. In der Waldwertrechnung hat sich die Bezeichnung „Bestandesverbrauchswert" eingebürgert. Hierunter versteht man die Summe, welche unter der Voraussetzung erzielt wird, dass ein Bestand zum Hieb gelangt. Von der Art der Verwendung des Holzes wird hierbei vollständig abgesehen. Demnach bedeutet der sog. Bestandesverbrauchswert einfach die Summe, zu welcher der abgetriebene Bestand verkauft wird, bezw. zu welcher er — z. B. bei eigener Verwendung etc. — verkauft werden könnte.

In dieser Art könnten noch unzählige „Wertarten" aufgestellt werden (Steuerwert, Holzwert, Abbruchswert, Heuwert, Nährwert, Roggenwert, Versicherungswert etc.). Früher dachte man bei der Bezeichnung Gebrauchswert mehr an die Eigenschaften von Gegenständen oder auch an ihre Verwendungsfähigkeit zu allgemein als sittlich-vernünftig betrachteten oder wichtigen Lebenszwecken. Daher die Ansicht, Wasser habe einen grösseren Gebrauchswert als Diamant, oder ein Gegenstand, der früher wertvoll gewesen sei und jetzt nicht mehr begehrt werde, habe deswegen seinen Wert doch nicht verloren.

Wald und Holz können je nach den Zwecken, denen sie dienen, nach unserer wirtschaftlichen Lage, überhaupt nach den Umständen, unter denen wir leben, für uns ebensowohl einen ausserordentlich hohen Wert haben, wie auch wertlos, ja geradezu schädlich sein. Sie sind ebenso wenig an und für sich wertvolle Güter, wie irgend welche andere Gegenstände. Bei Ueberfluss an Wald kann derselbe ein Kulturhindernis sein, sein Holz wird wenig oder gar nicht geschätzt. Mit zunehmender wirtschaftlicher Entwickelung gewinnt der Wald meist an Wert, teils weil das Holz relativ seltener und für die verschiedensten Zwecke begehrt, teils auch oft, weil der Wald aus anderen Gründen, wegen seines wirklichen oder vermeintlichen Einflusses auf Landeskultur und Gesundheitsverhältnisse geschätzt wird. Die Gründe, wegen deren die Erzeugnisse der Forstwirtschaft geschätzt und gesucht werden, sind für Zwecke der praktischen Waldwertrechnung an und für sich ganz gleichgiltig. Sie haben für dieselbe nur insofern eine Bedeutung, als sie einen Aufschluss über die mögliche Gestaltung der Absatzverhältnisse gewähren.

Viele Güter werden nur zu dem Zwecke hergestellt oder erworben, gegen andere umgetauscht zu werden. Sie haben, sagt man, einen Tauschwert, welcher gleich der Menge der für dieselben einzutauschenden Waren ist. Da diese Begriffsbestimmung mit derjenigen von Marktpreis übereinstimmt, so hat man auch wohl noch dahin unterschieden, es sei Preis der in Geld ausgedrückte Tauschwert. Damit ist jedoch nur eine Verschiedenheit in der Höhe der Zahl, keineswegs aber auch im Wesen der Sache gegeben. Ist zu bestimmter Zeit $g = 2m = 3n = 4p$, so ist es gleich, ob die Tauschwerte in g, m, n oder p ausgedrückt werden; sie sind tatsächlich bei jeder Einheit gleich hoch. Und auch bei zeitlichen Aenderungen erscheint der Unterschied als ein äusserlicher, sobald man vorkommenden Zahlenverschiebungen auf den Grund geht. Praktisch ist dies freilich mit grossen Schwierigkeiten verknüpft. Dazu kommt, dass der Unterschied in rechtlicher Beziehung von Bedeutung ist. Insofern kann man an ihm auch wohl festhalten. Der Begriff Tauschwert würde dann die Kaufkraft eines Gutes gegenüber allen andern Gütern darstellen.

Weit wichtiger als der Begriff des Wertes ist übrigens für die Waldwertrechnung derjenige des Preises.

§ 3. 2) Preis (pretium) ist allgemein die Summe von Opfern, welche für Erlangung eines Gegenstandes zu bringen sind, im Tauschverkehre insbesondere die Menge von Gütern und Leistungen, welche als Gegengabe gegen andere dienen. Beim Naturaltausche ist jede der ausgetauschten Waren bezw. Leistungen der Preis der anderen, in der Geldwirtschaft dagegen, welche den Tausch in zwei Handlungen Kauf und Verkauf spaltet, bildet die Summe des zu zahlenden Geldes den Preis des erkauften Gutes. Da bei dem Tausche jede der beiden Parteien gewinnen, keine verlieren will, so wird es in jedem gegebenen Falle zwei Grenzen, eine oberste und eine unterste geben, über welche der Preis sich nicht hinausbewegt. Die oberste Grenze wird bestimmt durch den Wert, welchen der Käufer dem einzutauschenden Gegenstande beilegt, die unterste durch denjenigen, welchen der Verkäufer dem letzteren beimisst. Soll der erstere zu viel geben, so verzichtet er auf den Kauf, und der Verkäufer behält den Gegenstand, wenn ihm für denselben zu wenig geboten wird. Diese beiden Grenzen sind persönlich und zeitlich wandelbar; zwischen ihnen wird der Preis je nach Gunst oder Ungunst der obwaltenden Umstände zu liegen kommen.

In der Gesellschaft regelt sich der Preis durch den Wettbewerb, indem mehrere Käufer und Verkäufer einander gegenüber treten. Erstere werden ihren Bedarf da zu decken suchen, wo er am billigsten ist, letztere ihre Waren da anzubringen sich bestreben, wo sie am höchsten bezahlt werden. Infolge dessen wird auf jedem Marktgebiete zu gegebener Zeit für eine Ware sich nur ein Preis bilden.

Für den Verkäufer ist die Ware nur ein Mittel des Erwerbs, für ihn kommt deswegen, sobald es sich um wiederholt fortgesetzte Produktion handelt, als unterste Grenze die Summe der Erzeugungskosten in betracht. Erst wenn der Preis unter diese herabsinkt, kann für sie der Wert von Bedeutung werden, welchen der Besitzer dem zu verkaufenden Gute beilegt. Der Aufwand der Herstellung ist nun nicht immer bei allen Produzenten gleich hoch. Deshalb wird bei den meisten Gütern mit steigendem Preise das Angebot zunehmen, indem mehr und mehr auch solche Unternehmungen lohnen, welche mit höheren Kosten arbeiten. Bei sinkenden Preisen wird umgekehrt das Angebot sich mindern, indem alle diejenigen Güter vom Markte zurücktreten, bei denen keine volle Kostendeckung mehr zu erhoffen ist. Demnach wird bei jedem Preise die Menge der angebotenen Güter eine bestimmte Höhe behaupten. Das Gleiche gilt von der Nachfrage, welche mit zunehmendem Preise sich verringert, indem weniger zahlungsfähige Käufer ihren Bedarf einschränken oder ganz zurücktreten, während bei sinkendem Preise die Nachfrage sich wieder erhöht. Bei sehr niedrigen Preisen wird das Angebot kleiner, bei hohen dagegen grösser sein als die Nachfrage. Im ersten Falle wird ein Sinken, im zweiten ein Steigen des Preises so lange statthaben, bis diejenige Höhe erreicht ist, bei welcher Angebot und Nachfrage einander gleich sind. Der Preis eines Gutes wird demnach jeweilig so hoch stehen, dass die Kosten der letzten zur Deckung der Nachfrage noch erforderlichen Gütermengen voll vergütet werden. Ist das Angebot infolge künstlicher Veranstaltungen oder natürlicher Umstände beschränkt, so kann der Preis auch noch höher steigen, so dass selbst die teuerste Produktion einen Gewinn abwirft (echter Monopolpreis). Natürlich gilt der angeführte Satz auch für alle diejenigen Fälle, in welchen die Produktion bei einem gegebenen geringeren Kostensatze sich praktisch beliebig, d. h. jeweilig so weit ausdehnen lässt, dass auch einer steigenden Nachfrage innerhalb weiterer Grenzen noch genügt werden kann. Der Preis wird alsdann über die Produktionskosten hinaus sich überhaupt nicht erhöhen. Dieser gesellschaftlich massgebende Preis, der Marktpreis, ist weder örtlich, noch zeitlich feststehend, da sowohl Angebots-, als Nachfragereihe mit allen denjenigen Ursachen und Wirkungen, welche das gesamte wirtschaftliche Leben bedingen, veränderlich sind. Auch kann von ihm leicht derjenige abweichen, welcher in einem gegebenen Falle gezahlt wird, indem der Wettbewerb sich nicht als voll wirksam erweisst oder die Kenntnis des Marktstandes eine ungenügende ist etc.

Für die Forstwirtschaft gelten im allgemeinen die gleichen Sätze wie die erwähnten. Als Besonderheit macht sich bei ihr für die Frage der Preisgestaltung die Länge der Produktionszeit geltend. Infolge derselben ist der „auf Lager“ gehaltene Warenvorrat (älteste verkäufliche Bestände) verhältnismässig gross. Er gestattet schon innerhalb praktisch ziemlich weiter Grenzen eine Mehrung, wie auch eine Minderung des Angebotes und damit eine Beeinflussung der Preise, dagegen erweisen sich Einschränkung und Ausdehnung der Produktion nicht sofort, sondern erst nach langer Zeit wirksam, innerhalb deren die Voraussetzungen, welche zu ihnen Veranlassung gaben, sich wieder geändert haben können. Das Bestreben, durch Zu- und Abnahme der Produktion eine Ausgleichung zwischen

Preisen und Kosten zu bewirken, kann deshalb auch nicht den gleichen Erfolg haben, wie in solchen Zweigen der Industrie, in welchen sofortige Einstellung oder Ausdehnung von Produktion und Verkauf möglich sind.

Mit dem genannten Begriffe des Preises hat es die Waldwertrechnung zu tun. Sie ermittelt an der Hand desselben Ertrags- und Kostensätze, bestimmt Kapitalgrössen und die vorteilhafteste Behandlung von Wald- und Waldgelände. In diesem Sinne sind auch nur die üblich gewordenen Bezeichnungen: „Erwartungswert", „Kostenwert", „Verkaufswert" zu verstehen. Der Erwartungswert stellt alle auf einen bestimmten Zeitpunkt bezogenen Summen dar, welche ein Gut (Wald, Waldgrund) bei bestimmter Behandlungsweise nach Abzug aller fortan aufzuwendenden Kosten in Aussicht stellt. Da verschiedene Arten der Verwendung möglich sind, so können sich auch für ein und dasselbe Gut verschiedene Erwartungswerte berechnen. In jedem Falle sind einfach die Summen einzustellen, welche aus einem Verkaufe wahrscheinlich zu erzielen sind, und zu dem Ende die Mengen der verschiedenen Walderzeugnisse (Holzarten, Sortimente, Nebennutzungen) zu ermitteln und je mit den zugehörigen Einheitspreisen zu vervielfachen. Weist eine vorhandene und beizubehaltende Wirtschaft bestimmte Gelderträge nach, so können auch diese zu Grunde gelegt werden. Sie stellen dann die Preise der Gesamtnutzung dar. Auch in den Kostensummen sind Preissätze (Preise von Arbeitsleistungen, Pflanzmaterial etc.) zu verrechnen. Der sog. „Kostenwert" stellt lediglich die Summe der aufgewandten Kosten dar, der Verkaufswert den Erlös, welcher bei einem Verkaufe erzielt werden könnte.

III. Der Kapitalbegriff.

§ 4. In Volkswirtschaftslehre und Rechtswissenschaft wird das Wort Kapital zur Bezeichnung verschiedener Begriffe verwandt. In der älteren Zeit verstand man unter Kapital eine verliehene, zinstragende Geldsumme. Die Volkswirtschaftslehre erweiterte diesen Begriff später dahin, dass sie unter Kapital alle in Gegenständen der Wirtschaft bestehende Hilfsmittel des Erwerbs und, vom rein volkswirtschaftlichen Standpunkte aus, die Hilfsmittel der Darstellung und Erhaltung sowie der volkswirtschaftlichen Verteilung der Güter verstand. In den wirklichen oder möglichen Preisen derselben wird dann die Kapitalhöhe ausgedrückt. Oft wurde aber auch dieser Begriff als gleichbedeutend mit demjenigen von Kapitalbesitz gebraucht, indem man in jeder Bildung und Mehrung des letzteren durch Sparung, Verleihung etc. auch eine Erhöhung der Gesamtkapitalkraft erblickte, während diese Erhöhung allerdings meist, aber nicht immer eine Wirkung jener Art der Bildung von privatem Kapitalbesitz ist. In ähnlichem Sinne wird der Begriff Kapital auch in der sozialistischen Litteratur aufgefasst, und zwar entsteht das Kapital nach Marx erst dann, wenn es dem Inhaber desselben gelingt, Lohnarbeiter in seinen Dienst zu nehmen und auf diese Weise Gewinn, Zinsen und Renten zu ziehen, so dass sich jetzt ein Gegensatz zwischen Kapital und Arbeit oder, besser gesagt, zwischen Kapitalist und Lohnarbeiter ausbildet.

Die Waldwertrechnung stellt sich auf den Standpunkt der herrschenden Volkswirtschaftslehre. Sie muss dies auch tun und zwar deswegen, weil sie Anleitung erteilen will, wie bei der gegebenen Einrichtung und Verfassung der Gesellschaft der Besitzer eines Waldes seine Aufwendungen und die von ihm erzielten Erfolge zu verrechnen und mit einander zu vergleichen, und wie er auf Grund solcher Verfahren seine Wirtschaft einzurichten hat, damit sie seinem eigenen Interesse am vollständigsten entspricht. Allerdings kann dies Interesse mit demjenigen der Gesamtheit in Widerspruch stehen, auch wenn, was wir hier unterstellen, den Forderungen der Wirtschaftlichkeit und Sittlichkeit vollständig entsprochen wird. Die Waldwertrechnung hat sich mit dieser Frage nicht weiter zu befassen, Untersuchung und Lösung derselben gehören in das Gebiet der Forstpolitik. Hier genügt die im allgemeinen zutreffende und in unserer Wirtschaftsordnung tatsächlich auch als Regel anerkannte Annahme, dass Einzel- und Gesamtinteresse im Einklang stehen, wenn jedes einzelne Wirtschaftsgebiet als selbständig und zwar so behandelt wird, dass es für sich den grössten Vorteil verspricht.

Ist die Höhe eines Kapitalaufwandes nicht bereits in einer einfachen Geldsumme gegeben, so kann dieselbe nach verschiedenen Verfahren ermittelt werden. Bei beweglichen Gegenständen sind ohne weiteres die zur Zeit üblichen Preise zu unterstellen. Unter Umständen kann man auch bei unbeweglichen Gütern dieses Verfahren einschlagen und zwar dann, wenn sich ein zuverlässiger Marktpreis auf Grund eines genügend entwickelten Handelsverkehrs gebildet hat. Fehlt ein solcher Anhalt oder darf man annehmen, dass

derselbe zu unbrauchbaren Ergebnissen führt, so kann das Kapital bemessen werden entweder nach dem zu seiner Darstellung erforderlichen Aufwande (sog. Kostenwert) oder nach den Erträgen, welche es abzuwerfen verspricht (sog. Erwartungswert). Nach den wirklich aufgewandten Kosten hat man zu rechnen, wenn es sich darum handelt, einen tatsächlich erzielten Gewinn oder eingetretenen Verlust zu ermitteln. Waren diese Aufwendungen hoch oder niedrig, oder haben sich im Laufe der Zeit die einzustellenden Rechnungsgrössen (Löhne, Warenpreise etc.) geändert, so sind für die Berechnung zu gewährender Vergütungen bei Verkäufen etc., dann für den Zweck der Ermittelung des besten Wirtschaftsverfahrens die der Jetztzeit entsprechenden normalen Kosten zu unterstellen. Oft wird die Summierung solcher normalen Aufwendungen zum gleichen Ergebnis führen, wie die Berechnung der Erträge, die man vom Kapitale erwarten darf. Nicht immer liegen jedoch benützbare Zahlen vor, insbesondere kann die Summe der Erträge diejenige der Kosten übersteigen. In diesem Falle hat man in seinem eigenen Interesse sowohl für Veräusserungen, Bemessung von Entschädigungen etc., als auch für Vergleichung von Wirtschaftserfolgen die Grösse des Kapitals nach den Nutzungen desselben zu bestimmen, indem man sämtliche vom Kapitale zu erwartenden Erträge und sämtliche zur Erzielung derselben, d. h. zur Auswertung des Kapitales erforderlichen Kosten auf die Gegenwart bezieht (diskontiert). Der Unterschied beider Summen würde die Grösse des Kapitales darstellen. Dies Verfahren wird schon seit langen Zeiten in der Landwirtschaft angewandt. Die Kapitalisierung einer jährlichen Rente nach der sogenannten Bauernregel (Vervielfältigung der Rente mit $33^1/_3$ bei 3%, mit 25 bei 4%, mit 20 bei 5% etc.) nimmt einfach eine ewige Dauer des Kapitals und der Rente an. Die Diskontierung einer ewigen alljährlich eingehenden Rente ergiebt bei Unterstellung des gleichen Zinsfusses genau den gleichen Betrag, wie die Berechnung nach der genannten Regel. Ueber diese einfache Tatsache täuschen sich diejenigen hinweg, welche bei jener Vervielfältigung die Berücksichtigung einer fernen Zukunft zu umgehen vermeinen. Dies zeigt sich recht deutlich, sobald in der Erwartung, die Rente könne in Zukunft sich ändern, auch der der Kapitalisierung zu Grunde gelegte Zinsfuss erhöht oder erniedrigt wird.

IV. Wirtschaftsziele.

§ 5. Lässt sich ein Gut in verschiedener Weise verwerten, so sind die Erfolge aller Verwendungsarten einander vergleichend gegenüberzustellen. Jede einzelne stellt für gegebene Aufwendungen bestimmte Erträge in Aussicht. Es handelt sich darum, diejenige zu ermitteln, welche die höchsten Ueberschüsse verspricht. So kann der Boden zur Erzeugung verschiedener Früchte benutzt werden. Bei jeder Fruchtgattung aber sind wieder verschiedene Arten der Bewirtschaftung möglich und bei jeder einzelnen dieser letzteren kann der Ertrag durch Mehraufwendungen an Arbeit und Kapital bis zu gewisser Grenze hin gesteigert werden. Die richtige Bestimmung der vorteilhaftesten Ausnutzung des Bodens ist nun freilich mit grossen Schwierigkeiten verbunden, da die Aufwendungen, insbesondere aber die Erträge keineswegs immer als fest gegebene Grössen vorliegen, sondern meist nach bestem Ermessen auf spekulativem Wege zu ermitteln sind. Mit solchen Schwierigkeiten hat nun einmal — und zwar zu unserem eigenen Glück — eine jede Wirtschaft zu kämpfen. Aufgabe für uns ist es, dieselben möglichst zu mindern und zu bewältigen; verfehlt aber würde es sein, wegen dieser Schwierigkeiten alles wirtschaftliche Streben aufzugeben oder, wie dies in der forstlichen Litteratur vorkommt, einen im übrigen als richtig anerkannten Grundsatz trotzdem als an und für sich unzutreffend zu verwerfen. Darum, wie die erzeugten und abzusetzenden Güter verwendet werden, braucht sich derjenige, welcher sich mit praktischen Aufgaben der Waldwertrechnung befasst, nicht weiter zu bekümmern, sofern er nicht dadurch einen Anhalt zur zweckmässigen Gestaltung seiner eigenen Wirtschaft gewinnt. Ganz abgesehen davon, dass Nachforschung und richtige Erkenntnis schwierig, ja meist schlechterdings unmöglich sind, kann die Forstverwaltung, insbesondere auch die Staatsforstverwaltung sich der früheren patriarchalischen Bevormundungsgelüste entschlagen und die Sorge für wirtschaftliche Verwendung den Käufern und Verbrauchern selbst überlassen.

Handelt es sich nun um Posten, für welche Ertrags- und Kostensätze nicht eingestellt werden können, so ist die Rechnung entweder überhaupt unmöglich, oder es ist eine gutachtliche Einschätzung vorzunehmen. Letzteres ist im Interesse der Wirtschaftlichkeit unbedingt geboten und zwar sowohl in der öffentlichen, als auch in der Privatwirtschaft. Wie überhaupt auch bei ganz idealen Zwecken doch immer die Erwägung

Platz greifen muss, ob es sich bei der gegebenen wirtschaftlichen Lage ausreichend lohnt, materielle Opfer zu bringen, wie geistige Genüsse, Güter der Kunst und Wissenschaft sich immer eine Abwägung gegen materielle Güter gefallen lassen müssen, ebenso darf auch der Waldeigentümer bei Jagdvergnügen, Parkanlagen u. s. w. sich die wirtschaftliche Vergleichung nicht ersparen. Er muss sich nicht allein über die Höhe der nötigen Aufwendungen, sondern auch darüber im klaren sein, ob dieselben sich wirtschaftlich rechtfertigen lassen.

V. Der Kostenbegriff.

§ 6. Der Begriff der Kosten ist, was oft übersehen wird, ein relativer. Zu unterscheiden sind die tatsächlich in einem gegebenen Falle aufgewandten und diejenigen, welche als normal zu betrachten, insbesondere bei Bestimmung einer einzuhaltenden Wirtschaft den zu erzielenden Erträgen gegenüber zu stellen sind. In den meisten Fällen werden unter den Kosten schlechthin diejenigen verstanden, welche gegenwärtig aufzuwenden sein würden, so wenn von den Kosten als der untersten Grenze des Preises die Rede ist. Hier kann es sich lediglich um die Frage handeln, ob eine weitere Produktion noch wirtschaftlich gerechtfertigt ist. Eine Fortsetzung wird nur unter der Bedingung erfolgen, dass der Preis entsprechend hochsteht. Wirklich aufgewandte Kosten der Vergangenheit sind für die Preisbestimmung ohne Belang; vorhandene Vorräte von Erzeugnissen müssen allenfalls zu einem Preise abgegeben werden, welcher weit unter den Kosten steht, oder ihre Verwertung wirft einen erheblichen Gewinn ab. Das Gleiche gilt für den Wald. Auch hier können unter der Voraussetzung, dass keine gesetzlichen Beschränkungen die Wirtschaft beengen und dass auch in gegebenen Fällen echt wirtschaftliche Erwägungen statthaben, die Kosten nur indirekt einen Einfluss auf die Preisgestaltung ausüben, insofern Rodungen oder Aufforstungen vorgenommen oder unterlassen werden. Bei entwickeltem Handel wird hierbei sogar die Kulturumwandlung nur von geringer Bedeutung sein, bezw. ihre Wirksamkeit erst in später Zeit oder zunächst in einer der beabsichtigten geradezu entgegengesetzten Richtung ausüben. Wie allgemein in anderen Wirtschaftszweigen, so wird auch hier sich ein Preis auf Grund gegebener Tatsachen bilden und daran sich die Frage knüpfen, ob die Waldwirtschaft für die Dauer als lohnend anzusehen ist. Hängt von der Beantwortung derselben Mehrung und Minderung der Wälder ab, so macht sich eben das Streben geltend, den Kosten auch einen bestimmenden Einfluss auf die Preisgestaltung einzuräumen. Allerdings kann, wie oben erwähnt, praktisch nur von einem Streben die Rede sein. In dieser Beziehung sind andere Wirtschaftszweige dem Walde gleichgestellt, ein Unterschied liegt nicht der Art, sondern nur dem Grade nach vor.

Handelt es sich nicht um Ermittelung eines wirklich erzielten Gewinnes, sondern um Bestimmung einer Entschädigung oder der zukünftig einzuhaltenden Wirtschaft, so sind unter die Kosten nicht allein positive Aufwendungen, sondern auch solche negativer Art zu rechnen, d. h. solche, bei denen keine wirklichen Hinauszahlungen, ja nicht einmal eine tatsächliche Ausnutzung von Arbeitskräften oder eine Vernutzung von Gegenständen erfolgt. Ganz allgemein ist jede anderweite Auswertungsmöglichkeit und zwar immer je die vorteilhafteste unter den Kosten in Rücksicht zu ziehen. Dieser Forderung suchen darum Theorie und praktisches Leben, wenn freilich auch keineswegs immer in zutreffender Weise, Genüge zu leisten, wie dies u. a. die theoretische und praktische Behandlung der Enteignungsfrage (Anrechnung des sog. Mehrwerts etc.), der Servitutablösung (Benutzung anderweit nicht verwendbarer Kräfte), wie überhaupt der gesamte Wirtschaftsverkehr beweist. Kann man anderweit aus der Verwertung der eigenen Arbeitskraft einen Vorteil erlangen, so ist zu fordern, dass derselbe auch bei einer dritten Verwendungsweise erzielt werde. Deshalb stellt denn auch mit gutem Grunde jeder tüchtige Geschäftsmann, auch wenn er nicht gerade Mitglied bei einer gesellschaftlichen Unternehmung (Handelsgesellschaft, Genossenschaft) ist, für seine eigenen Arbeitsleistungen eine entsprechende Summe unter den Kosten in Rechnung, trotzdem dieselbe, wenn sie wirklich eingeht, auf dem persönlichen Konto als reines Einkommen zu verbuchen ist. Damit löst sich denn auch in einfacher Weise eine bekannte Streitfrage, welche früher in der Litteratur der Volkswirtschaftslehre, bis in die neuere Zeit sogar noch in derjenigen der Forstwissenschaft eine Rolle gespielt hat, inwieweit nämlich Roh- und Reinertrag oder auch das sog. „Roh"- und „Rein"einkommen über die Gestaltung der Wirtschaft zu entscheiden habe. Reinertrag der Forstwirtschaft ist alles, was dieselbe als Ueberschuss über wirkliche positive Aufwendungen hinaus abwirft. An demselben beteiligen sich freilich,

wenn wir von der Vernutzung der Arbeitskraft, von deren Verrechnung und notwendigem Wiederersatz absehen, alle im Walde tätigen Beamte und Arbeiter; für letztere sind Lohn und Gehalt ebenso gut Einkommen, wie der Waldreinertrag für den Waldeigentümer; doch hat man Lohn und Gehalt nicht allein in seinem persönlichen Interesse, sondern auch in demjenigen einer richtigtn Gestaltung der Wirtschaft unter den Kosten in Anrechnung zu bringen. Dies müsste sogar geschehen, wenn Arbeiter und Beamte Miteigentümer am Walde wären, wenn anders die vorteilhafteste Verteilung und Ausnutzung vorhandener Kräfte und Mittel ermöglicht werden soll. Uebrigens müsste der nötige Lebensunterhalt unter die positiven, der Ueberschuss des Lohnes über denselben unter die negativen Aufwendungen gestellt werden, während der Lohn selbst für den Arbeiter Einkommen ist, das er für seine persönlichen Zwecke verwendet. Kann der Arbeiter anderweit mehr erlangen, sei es als Lohnarbeiter, sei es in selbständiger Stellung, so muss ihm, wenn er in der Forstwirtschaft verwandt werden soll, dieser Mehrbetrag auch ersetzt werden. Praktisch löst sich die Sache einfach dahin, dass sich der Arbeiter unter sonst gleichen Umständen dahin wendet, wo er die höchste Einnahme erhoffen darf, und dass dem Waldeigentümer keine Kräfte zur Verfügung stehen, wenn er zu wenig bietet.

In gleicher Weise ist die Frage zu behandeln, wie der Boden zu verrechnen sei. Kann man ein Gelände bei einer Benutzungsweise zu B_1, bei einer anderen zu B_2 verwerten, so ist zu untersuchen, ob $B_1 \lesseqgtr B_2$ oder $B_1 - B_2 \gtreqless 0$, d. h. rechnungsmässig stellt man die eine Verwertung der anderen als Kosten oder als Summe gegenüber, welche mindestens erwirtschaftet werden muss. Kommt in einem gegebenen Falle nur eine Verwendungsweise infrage, so kann auch nur diese, sofern das Rechnungsverfahren hierzu führt (Weiserprozent), unter die Kosten gestellt werden. Muss der Wald als solcher erhalten werden, dann ist es nicht allein interessant, sondern auch notwendig zu ermitteln, welche Opfer damit verbunden sind, welcher Nutzen anderweit aus ihm gezogen werden könnte; dagegen wäre es eine Torheit, bei Bestimmung der Bewirtschaftungsart Vorteile als Kosten aufzurechnen, die überhaupt gar nicht zu erzielen sind. Damit ist denn die scheinbar schwierige und auch von Nationalökonomen nicht immer richtig behandelte Frage, ob landwirtschaftliche Benutzungsweise, „Bodenerwartnngs"-, „Kosten", bezw. „Verkaufswert" in die Rechnnng einzustellen ist, ganz einfach zu beantworten. Sobald ein Verkauf beabsichtigt wird, so hat man den möglichen Erlös den Ergebnissen der eigenen Wirtschaft gegenüber zu stellen. Wenn jedoch der Verkauf ausgeschlossen ist, so entfällt auch der Verkaufspreis. Ebenso wird man die landwirtschaftliche Benutzung in Rücksicht ziehen, wenn es sich um die Frage der Rodung handelt. Ist das Gelände absoluter Waldboden oder ist die Rodung überhaupt nicht zulässig, so kann selbstverständlich auch eine landwirtschaftliche Verwendung für den Zweck der Bestimmung der einzuhaltenden Wirtschaft nicht unter den Kosten aufgeführt werden. Aus den angegebenen Gründen ist auch eine Verrechnung der tatsächlich erfolgten Aufwendungen der Vergangenheit nur dann von Belang, wenn es sich um Bezifferung von wirklich stattgehabtem Gewinn oder Verlust handelt. Im übrigen aber sind sie für die zukünftige Wirtschaft ohne Bedeutung, und kann es somit ganz gleich sein, ob Wald und Waldboden billig oder teuer erworben wurden. ob wir sie geerbt haben, oder ob Mutter Natur sie uns ohne Gegengabe zur Verfügung stellte. Die Frage ist immer zunächst dahin zu stellen, ob Boden und Holzvorrat anderweit irgendwie verwertet werden können. Insoweit dieselbe mit ja zu beantworten ist, muss auch die Waldwirtschaft mit dem entsprechenden Betrage belastet werden.

Bei Ermittelung der besten Wirtschaftsweise darf ferner auch kein grundsätzlicher Unterschied zwischen eigenem und geliehenem Kapital gemacht werden; Zinsen sind nicht allein für letzteres, weil sie wirklich bezahlt werden, sondern auch für das erstere zu verrechnen, trotzdem sie für dasselbe formell nicht zu entrichten sind. Sind freilich die Kapitalien anderweit überhaupt nicht verwendbar, so hat auch die Zinsberechnung keine Berechtigung, ja sie kann unter Umständen zu einer Verlustwirtschaft führen.

VI. Die Frage der Zinsanrechnung insbesondere.

1. Grundsätzliches; Zinsberechnungsart.

§ 7. Unter sonst gleichen Umständen gewährt ein Gut uns um so mehr Vorteile, je früher es wirtschaftlich ausgenutzt werden kann. Diese Tatsache bildet die eigentliche ökonomische Grundlage für die Anrechnung von Zinsen; und zwar gilt diese Grund-

lage für jede gesellschaftliche Verfassung, für die sozialistische wie für die kapitalistische, verschieden sind nur Form und Höhe, in welchen Zinsen berechnet werden oder, wenn eine formelle Bemessung und Anforderung nicht stattfindet, in welchen sie verschiedenen Personen zu gute kommen oder zur Last fallen. Von welcher Wichtigkeit eine frühzeitigere Nutzung sein kann, dies ersehen wir vorzüglich an unseren Eisenbahnen. Hätten unsere Forstverwaltungen an den bekannten in Wort und Schrift verfochtenen Wirtschaftsgrundsätzen, welche den Wald als unantastbares Fideikommiss betrachten und die Zinsrechnung für die Forstwirtschaft verwerfen, auf das strengste festgehalten, so hätte manche Eisenbahn noch nicht gebaut werden dürfen, weil das für Wagen, Schwellen etc. beanspruchte Holz im Walde noch Zuwachs in Aussicht stellte und, sofern das höchste Mass des Durchschnittszuwachses noch nicht erreicht, auch nicht als hiebsreif gelten durfte. Eine Verspätung des Eisenbahnbaues hätte aber nicht sowohl einen wirtschaftlichen Stillstand, sondern vielmehr einen empfindlichen Rückschritt bedeutet. Holz als Schwelle, Balken, Pfosten etc. wirkt nutzbringend, es kann unter Umständen in dieser Form weit mehr Vorteil bringen, als wenn es als Waldbaum zur Freude des Technikers noch einige Jahrringe hätte auflegen dürfen.

Im übrigen stellt sich die Waldwertrechnung einfach auf den Boden gegebener Tatsachen. Jedes Kapital kann gegenwärtig, und dies wird auch für unabsehbare Zeiten so sein, in irgend welcher Form, sei es durch eigene Auswertung, sei es durch Verleihung, bei welcher nur eine dritte Person an die Stelle des Besitzers tritt, derart nutzbringend verwendet werden, dass es sich im Laufe der Zeit vergrössert. Ob hierbei die gesamte wirtschaftliche Kraft einer ganzen Gesellschaft gesteigert wird, oder ob sich ohne solche Steigerung lediglich Privatkapital bildet, kann hier um so mehr ununtersucht bleiben, als wir dem Kredit im ganzen eine günstige Wirkung zuschreiben dürfen, wenngleich er in einem gegebenen Falle auch einen nachteiligen Einfluss ausüben und vorhandene wirtschaftliche Kräfte zerstören kann. Ueberdies ist es, wie oben bemerkt, gar nicht Aufgabe der Forstverwaltung, allen möglichen Wirkungen einer Holzverwertung nachzuspüren, ganz abgesehen davon, dass sie einer solchen Aufgabe überhaupt nicht gewachsen sein würde.

Nun ist der bei anderweiter Verwendung mögliche Kapitalzuwachs bei jeder gegebenen Art der Benutzung unter den Kosten in Anrechnung zu bringen. Damit findet die Unterstellung von Zinsen allgemein ihre Rechtfertigung. Ist eine zukünftige Nutzung gleich N_1, so ist dieselbe gegenwärtig zu einem Betrage N zu veranschlagen, welcher kleiner ist als N_1. Umgekehrt ist jede Nutzung, welche jetzt $= N$ ist, auf einen höheren Betrag zu setzen, wenn sie auf einen späteren Zeitpunkt bezogen wird.

Unter sonst gleichen Umständen wird nun ein Kapital um so mehr anwachsen, je länger es nutzbringend verwertet wird. Dies gilt nun zwar für jede gesellschaftliche Verfassungsform; ganz vorzüglich aber wird das Anwachsen ermöglicht und erleichtert bei kapitalistischer Verfassung mit entwickeltem Kreditwesen. Der Besitzer braucht sich nicht darum zu kümmern, ob die Summe, über die er verfügt, bei einer Verleihung auch wirklich nutzbringend verwandt wird. Ihm genügt die Tatsache, dass er den Nutzen ziehen könnte, um vom Schuldner bei Produktivkredit sowohl wie bei Konsumtivkredit Zinsen zu beanspruchen.

Jede Nutzung kann in irgend welcher Form wieder fruchtbringend verwandt werden. Die Erzeugnisse des Bodens, einer Fabrik, Maschine etc. lassen sich anderweitig weiter auswerten. Ist die Wirkung auch zunächst nur privatwirtschaftllicher Natur (z. B. Verkauf zum Konsum, insbesondere gar zum unwirtschaftlichen Verbrauch), im ganzen hat sie doch, zumal bei wirtschaftlichem Sinn der Bevölkerung, eine volkswirtschaftliche Bedeutung (Erhaltung der Arbeit und Leistung derselben, Kapitalfixierungen etc.).

Ist der Nutzen, der in der Zeiteinheit von der Kapitaleinheit zu erwarten ist, $= n$, so wächst das ganze Kapital N an auf $N(1+n)$. Dieser ganze Betrag kann nun wieder nutzbringend verwandt werden. Er wächst in der nächsten Zeiteinheit an auf $N(1+n)(1+n) = N(1+n)^2$ u. s. w. Umgekehrt ist ebenso ein später zu erwartendes Kapital N_1 gegenwärtig zu veranschlagen auf $\frac{N_1}{1+n}$ oder, wenn es nach Verlauf von zwei Zeiteinheiten in Aussicht steht, auf $\frac{N_1}{(1+n)^2}$ u. s. w.

Als Zeiteinheit wird allgemein das bürgerliche Jahr der Rechnung zu Grunde gelegt. Dies findet nicht allein seine Rechtfertigung in der geschichtlichen Entwickelung

(frühere Abrechnung von Messe zu Messe), sondern auch in tatsächlichen wirtschaftlichen Verhältnissen. Das Jahr ist nicht nur eine Rechnungseinheit, es bedeutet auch für viele wichtige Zweige der Wirtschaft die wirkliche Umschlagszeit. Die Landwirtschaft insbesondere erntet im ganzen alljährlich nur einmal. Dieselbe greift aber so tief in alle übrigen Zweige ein, dass schon deswegen auch hier die gleiche Berechnungszeit gewählt werden musste. Hierzu zwingt auch die Ausgleichung, welche zwischen den verschiedenen Gebieten der Volkswirtschaft statthat. Bei der Rechnung nach kürzeren Einheiten müsste eben der Nutzungssatz entsprechend herabgesetzt werden.

So sind wir denn zum Begriffe der Zinseszinsen gelangt. Demselben liegt zunächst zwar nur der Gedanke einer Geldverleihung zu Grunde, doch tut dies dem Wesen der Sache selbst keinen Abbruch. Denn der mögliche Zins der Verleihung ist privatwirtschaftlich unbedingt unter den Kosten zu verrechnen. Und in ihren Wirkungen ist eine solche Anrechnung auch vom volkswirtschaftlichen Standpunkte aus als zutreffend zu bezeichnen. Hierbei ist es ganz gleich, ob eine wirkliche Verleihung vorkommt, oder ob es sich nur um eigene, eine anderweite Verwertung durch Produktion oder Verbrauch ausschliessende Verwendung handelt.

Als Zinsen oder Interessen bezeichnet man die gesamte Nutzung eines Kapitales (insbesondere die Vergütung für Verleihung eines solchen). Das Verhältnis der Zinsen, welche ein Kapital in der Zeiteinheit (Jahr) einbringt, zu diesem selbst ist der Zinsfuss oder der Zins der Kapitaleinheit. Trägt das Kapital k die Zinsen z, so ist $\frac{z}{k}$ der Zinsfuss. 100 Kapitaleinheiten ergeben an Zinsen $\frac{100\,z}{k}$. Diesen auf je 100 (pro centum) berechneten Zins nennt man Prozent, oft auch schlechthin als Zinsfuss bezeichnet. Zur kurzen Bezeichnung desselben wird fortan der Buchstabe p gewählt. Alsdann bedeutet $\frac{p}{100}$, symbolisch $= 0{,}0\,p$ geschrieben, den Zinsfuss.

a) Die Zinseszinsrechnung.

Die Rechnung nach Zinseszinsen unterstellt, dass die fälligen Zinsen eines Kapitales jeweilig wieder zinstragend angelegt werden, dass demgemäss bei einer Verleihung auf längere Zeit, während welcher keine Zinszahlung erfolgt, die Kapitalschuld Zins auf Zins anwachse, und dass bei Kostenrechnungen überhaupt Zins und Zinseszins unter den Aufwendungen zu erscheinen haben.

Formeln der Zinseszinsrechnung.

§ 8. 1. Prolongierung und Diskontierung einer einzelnen Summe. Wächst eine Summe k dadurch an, dass derselben je nach Verlauf einer Zeiteinheit (Jahr) Zinsen und Zinseszinsen zugeschlagen werden, so erhalten wir, wenn der Zinssatz $= p\,\%$ ist, nach:

$$\begin{array}{lll} \text{1 Jahr} & k_1 = k + k\frac{p}{100} & = k\left(1 + \frac{p}{100}\right) = k\,1{,}0p \\ \text{2 Jahren} & k_2 = k_1\,1{,}0p & = k\,1{,}0p^2 \\ \ldots & \ldots & \ldots \\ \text{n} \;\;\text{„} & k_n = k_{n-1}1{,}0p & = \ldots\, k\,1{,}0p^n. \end{array}$$

Wird aus k nach n Jahren $k_n = k\,1{,}0p^n$ (Nachwert von k), so ist umgekehrt die am Ende des Zeitraumes in Aussicht stehende Summe k_n am Anfang desselben zu $k = \frac{k_n}{1{,}0p^n}$ (Vorwert von k^n) zu veranschlagen. Im ersteren Falle beziehen wir eine gegebene Summe auf einen späteren Zeitpunkt (Prolongierung), im zweiten auf einen früheren Zeitpunkt (Diskontierung).

2. Summierung (Prolongierung und Diskontierung) von Beträgen (Renten), welche zu verschiedenen Zeiten eingehen.

Geht eine Summe r (Rente) zum erstenmale nach a Jahren und von da ab alle m Jahre, im ganzen nmal ein, die letzte also nach $a + (n - 1)m$ Jahren, so ist am Ende dieser Zeit angewachsen:

die letzte Rente auf . . . . . r
die vorletzte Rente auf . . . $r\,1{,}0p^m$

die ihr vorhergehende Rente auf $r\,1{,}0\,p^{2m}$

. . . .

die zweite Rente auf . . . . $r\,1{,}0\,p^{(n-2)m}$

die erste auf . . . . $r\,1{,}0\,p^{(n-1)m}$

Summieren wir alle diese Grössen nach der bekannten Formel für die geometrische Reihe $S = \frac{a(q^n - 1)}{q - 1}$ [4]), indem wir r für a, 1, op^m für q einsetzen, so erhalten wir als Nachwert unserer Rentenreihe:

$$S = \frac{r(1{,}0\,p^{nm} - 1)}{1{,}0\,p^m - 1}.$$

Setzen wir $m = 1$, so wird:

$$S = \frac{r(1{,}0\,p^n - 1)}{1{,}0\,p - 1} = \frac{r}{0{,}0\,p}(1{,}0\,p^n - 1).$$

Es ist dies die Summe von alljährlich, im ganzen n mal eingehenden Renten, bezogen auf das Ende des ganzen Zeitraums.

Aus dem Nachwert ist leicht der Vorwert der Renten zu berechnen, indem wir den ersteren durch $1{,}0\,p^{a+(n-1)m}$ dividieren und damit die prolongierten Renten auf den Anfang des Zeitraums beziehen (diskontieren). Es ist der

$$\text{Vorwert} = \frac{r(1{,}0\,p^{nm} - 1}{(1{,}0\,p^m - 1)1{,}0\,p^{nm-m+a}} = \frac{r(1{,}0\,p^{nm} - 1)\,1{,}0\,p^{m-a}}{(1{,}0\,p^m - 1)\,1{,}0\,p^{nm}}$$

Aus dieser Formel lassen sich alle übrigen, welche in der Waldwertrechnung zur Anwendung kommen, ohne Schwierigkeit ableiten.

Ist $a = 0$, d. h. geht die erste Rente bereits zu Beginn des Zeitraums ein, so wird unsere Summe

$$= \frac{r(1{,}0\,p^{nm} - 1)\,1{,}0\,p^m}{(1{,}0\,p^m - 1)\,10\,p^{nm}}.$$

Ist $a = m$, d. h. geht die Rente zum erstenmale nach m Jahren und dann alle m Jahre, im ganzen n mal ein, so ist unsere Summe

$$= \frac{r(1{,}0\,p^{nm} - 1)}{1{,}0\,p^m - 1)\,1{,}0\,p^{nm}}.$$

Setzen wir $m = 1$, so erhalten wir die Formeln für Renten, welche alljährlich, im ganzen n mal und zum erstenmale nach a Jahren eingehen. Bis zum Eingang der letzten Rente verfliessen $a + n - 1$ Jahre. Die auf den Anfang dieser Zeit bezogene (diskontierte) Summe ist alsdann

$$= \frac{r(1{,}0\,p^n - 1)}{0{,}0p\,.\,1{,}0p^{\,n+a+1}}.$$

Für $a = 0$, d. h. wenn die erste Rente bereits am Anfang jener Zeit eingeht, erhalten wir:

$$\frac{r\,1{,}0\,p^n - 1)\,1{,}0\,p}{0{,}0\,p\,.\,1{,}0\,p^n}$$

und für $a = 1$, d. h. wenn die erste Rente erst nach Verfluss des ersten Jahres in Aussicht steht, wird unsere Summe

$$= \frac{r(1{,}0\,p^n - 1)}{0{,}0\,p\,.\,1{,}0\,p^n}.$$

Wird $n = 1$ gesetzt, so geht die Rente überhaupt nur einmal ein. Unsere obige Formel geht über in $\frac{r(1{,}0\,p^m - 1)}{(1{,}0\,p^m - 1)\,1{,}0p^a} = \frac{r}{1{,}0p^a}$ und, für $a = m$, in $\frac{r}{1{,}0p^{\,m}}$.

Für $n = \infty$ erhalten wir unendliche oder ewige Renten, welche zum erstenmale nach a Jahren und von da ab immer alle m Jahre eingehen. Unsere Summe ist:

---

4) Ist $S = a + aq + aq^2 + \ldots aq^{n-1}$, so ist auch
$qS = aq + aq^2 + aq^3 + \ldots aq^n$ und
$qS - S = aq^n - a$. Mithin $S = \frac{a(q^n - 1)}{q - 1}$.

Ist die geometrische Reihe fallend, mithin $q < 1$, so multipliziert man Zähler und Nenner mit -1 und erhält $S = \frac{a}{1 - q}$, ist $n = \infty$, so wird $q^n = o$, also $S = \frac{a}{1 - q}$.

$$\frac{r(1{,}0p^{nm}-1)1{,}0p^{m-a}}{(1{,}0p^m-1)1{,}0p^{nm}} = \frac{r\left(1-\frac{1}{1{,}0p^{nm}}\right)1{,}0p^{m-a}}{1{,}0p^m-1}$$

$\frac{1}{1{,}0p^{nm}}$ wird, für $n = \infty$, gleich $\frac{1}{\infty} = 0$. Unsere Formel wird sonach

$$\frac{r\,1{,}0p^{m-a}}{1{,}0p^m-1}.$$

Setzen wir $a = 0$, so geht die Rente zum erstenmale sofort, dann alle m Jahre ein. Wir erhalten als Summe:

$$\frac{r\,1{,}0p^m}{1{,}0p^m-1}.$$

Dieselbe wird, wenn $a = m$ ist, d. h. wenn die erste Rente nach m Jahren zu erwarten ist,

$$= \frac{r}{1{,}0p^m-1}.$$

Wird $m = 1$ gesetzt, so erhalten wir die Summe für jährliche ewige Renten. Dieselbe ist gleich

$$\frac{r\,1{,}0p}{0{,}0p\,.\,1{,}0p^a}.$$

Ist $a = 0$, so geht die erste Rente bereits in der Gegenwart ein. Unsere Summe ist alsdann $= \frac{r\,1{,}0p}{0{,}0p}$.

Für $a = 1$ dagegen erhalten wir $\frac{r}{0{,}0p}$ als Summe einer jährlichen ewigen Rente, welche zum erstenmale nach Jahresfrist eingeht.

Da $\frac{r}{1{,}0p^m-1}$ das Kapital darstellt, welches einer unendlichen Reihe von Renten entspricht oder alle m Jahre eine Rente r abwirft, so ist $\frac{r\,1{,}0p^{nm}}{1{,}0p^m-1}$ der auf das Ende der Zeit mn berechnete Nachwert dieses Kapitales. Ziehen wir hiervon das Kapital selbst wieder ab, so erhalten wir die Summe der inzwischen aufgewachsenen alle m Jahre eingehenden Zinsen (r) und Zinseszinsen dieses Kapitales. Wir erhalten auf diese Weise unsere obige Summenformel $\frac{r(1{,}0p^{nm}-1)}{1{,}0p^m-1}$.

Das Kapital $\frac{r}{0{,}0p}$ wirft alljährlich eine Rente r ab. Nach n Jahren ist dieses Kapital angewachsen auf $\frac{r1{,}0p^n}{0{,}0p}$. Wird hiervon das ursprüngliche Kapital abgezogen, so erhalten wir die Summe der inzwischen mit Zins und Zinseszins aufgewachsenen jährlichen Renten r mit $\frac{r(1{,}0p^n-1)}{0{,}0p}$, d. h. die gleiche Formel wie oben.

§ 9. Die Rechnung nach Zinseszinsen wurde früher von den meisten und wird auch heute noch von einzelnen Forstwirten [5]) verworfen, weil sie bei Diskontierungen zu niedrige, bei Prolongierungen zu hohe Ergebnisse liefere, welche mit wirklichen Preisen und Erträgen nicht übereinstimmten. Ist dies der Fall und sind die Zahlen, mit welchen wir unsere Rechnungsergebnisse vergleichen als zutreffend zu erachten, so geht hieraus nur hervor, dass wir einen falschen Zinsfuss unterstellt haben. Ebenso liegt die Sache in anderen Wirtschaftszweigen. Wird z. B. landwirtschaftliches Gelände ganz allgemein mit dem Vierzigfachen der jährlichen Rente bezahlt, so folgt eben hieraus, dass sich der

5) Hierher sind alle Gegner der Reinertragstheorie zu zählen, welche in ihren Formeln für Einrichtung der Wirtschaft grundsätzlich nicht mit Zinsen rechnen, insbesondere auch diejenigen, welche die Umtriebszeit nach dem höchsten Waldreinertrage oder dem höchsten Wertsdurchschnittszuwachs bemessen wollen. Uebrigens machen sich die wirtschaftlichen Tatsachen doch mit solcher Macht geltend, dass man die Notwendigkeit, Zinsen unter die Kosten zu rechnen, kaum mehr bestreitet.

Käufer mit $2^1/_2$ % begnügt. Rechnet er mit einem höheren Zinssatze, etwa mit 5%, so kommt er bei gegebener Rente natürlich auf einen niedrigeren Kaufpreis und bei einem bestimmten Ankaufspreise auf eine zu hohe Rente. Verlangt er nun eine Verzinsung von 5%, so kann eben seinen Anforderungen nicht genügt werden, er muss vom Kaufe Abstand nehmen, so lange der Preis nicht auf die Hälfte des derzeit allgemein üblichen herabgesetzt wird. Dürfen wir nun einen Zinsfuss als richtig betrachten und stimmen mit demselben wirkliche Preise, Ertrags- und Kostensätze nicht überein, so ergiebt sich hieraus entweder, dass unsere Wirtschaft zur Zeit ausserordentlich gewinnreich, oder im entgegengesetzten Falle, dass sie mit Verlusten verbunden ist. Verspricht ein Boden bei forstlicher Benutzung alle u Jahre eine Reineinnahme = A und bei landwirtschaftlicher Verwendung eine jährliche Rente = r, so müssten eben $\frac{r}{0,0p} = \frac{A}{1,0p^u - 1}$ sein. Ist aber $\frac{r}{0,0p} > \frac{A}{1,0p^u - 1}$, so geht hieraus hervor, dass die Forstwirtschaft unrentabel ist, nicht aber, dass die Zinseszinsrechnung ein falsches Ergebnis liefert, zumal ja die Formel $\frac{r}{0,0p}$ ganz nach den gleichen Grundsätzen durch Diskontierung jährlicher bis in die fernste Zukunft eingehender Renten ermittelt wurde, wie die Formel $\frac{A}{1,0p^u - 1.}$ Stellt die Forstwirtschaft alle 100 Jahre einen Ertrag von 1000 Mark in Aussicht, so können wir den Boden bei 5% nur mit 7,66, bei 2% jedoch mit 160 Mk. bezahlen. Wirft der gleiche Boden bei landwirtschaftlicher Benutzung dauernd eine jährliche Rente von 20 ab und wird er mit 600 Mk. bezahlt, so ist hier entweder die Forstwirtschaft überhaupt nicht am Platze oder wir müssen, wenn dies wirklich der Fall, mit einem niedrigeren Zinssatze von rund 1% rechnen, weil in Zukunft Ertragssteigerungen zu erwarten sind.

Weitere grundsätzliche Einwendungen sind gegen die Rechnung mit Zinseszinsen meines Wissens nicht erhoben worden. Denn die Ausführungen derjenigen, welche mit Verwunderung auf die Riesensummen hindeuten, zu denen kleine Beträge bei voller Verzinsung nach langen Zeiträumen anwachsen, bedürfen hier kaum der Erwähnung. Auch die Bemerkung, welche Heitz in seiner Broschüre „Die Waldrente“ machte, „die“ Nationalökonomie kenne wohl einen Leihzins, aber keine Zinseszinsen, ist für uns ohne Belang. Denn dieselbe ist überhaupt nicht zutreffend. Wenn aber ein Volkswirt derartige Lehrsätze glaubt aufstellen zu dürfen, so muss er gewärtigen, dass der Forstwirt „seine“ Nationalökonomie nicht anerkennt, sondern vielmehr den Tatsachen des wirklichen Lebens Rechnung trägt.

Wenn v. Gehren meinte, dass die Leihzinsen häufig nicht im Verfalltermine, sondern erst später eingingen, ohne dass Verzugszinsen angerechnet werden könnten, so hat er damit die Zinseszinsrechnung keineswegs grundsätzlich verworfen. In den gedachten Fällen wurde eben tatsächlich ein geringerer Zinssatz erzielt, als der vertragsmässig vereinbarte. Ist dem allgemein so, so würde für Rechnungen, bei welchen Verleihungen nicht vorkommen, der wirkliche Zins, nicht der nominelle (vereinbarte) Satz unterstellt werden müssen. Uebrigens sind jene Verluste nicht gerade immer zu befürchten.

Allerdings befand man sich früher mit seinen Anschauungen in Uebereinstimmung mit dem Zinsrecht, welches beim Darlehensvertrag die Anrechnung von Zinseszinsen (Anatokismus) verbot, ohne jedoch irgendwie zu verhindern, dass eingegangene Zinsen wieder zu Darlehen verwandt und so bei pünktlicher Pflichterfüllung der Schuldner tatsächlich Zinseszinsen gezogen wurden, oder dass man solche im Gewerbs- und Geschäftsleben unter den Kosten verrechnete. Uebrigens ist auch die Rechtspflege der früheren Zeit in unzähligen wichtigen Fällen (Staatsschuldenwesen, Bankwesen etc.) nicht eingeschritten, in welchen offen oder versteckt (feste Zeitrenten, Renten-, Giltenkauf, Wechsel, Tontinen, Emissionskurs) gegen den Geist der Gesetzgebung gefehlt wurde.

Nun liegt aber gegenwärtig die Sache ganz anders. Das deutsche bürgerliche Gesetzbuch, in Kraft getreten mit dem Jahr 1900, bestimmt in § 248 zwar allgemein, dass eine im voraus getroffene Vereinbarung, nach welcher fällige Zinsen wieder Zinsen tragen sollen, nichtig ist, gestattet jedoch ausdrücklich, dass Sparkassen, Kreditanstalten und Inhaber von Bankgeschäften im voraus vereinbaren können, dass nicht erhobene Zinsen von Einlagen als neue verzinsliche Einlagen gelten sollen.

Hiernach würde es gänzlich ungerechtfertigt sein, bei Summierung von zeitlich auseinander liegenden Ertrags- und Kostensätzen von der Zinseszinsrechnung abzusehen.

b) Die sog. einfachen Zinsen.

§ 10. Rechnet man nur nach einfachen Zinsen, so darf man folgerichtig keine Vergrösserung des Kapitales durch Zuwachs von Zinsen zulassen, sondern muss, um das verdeckte Einschleichen von Zinseszinsen zu verhüten, immer Kapital und Zins streng von einander gesondert halten. Umgekehrt dürfen wir nie vom Urkapital zehren, weil wir, da dasselbe durch Zinseingänge nicht vermehrt oder wieder ersetzt werden kann, infolge eines solchen Verfahrens verarmen müssten. Sollte sich hierbei unsere Lage nicht verschlechtern, so müsste das Anfangskapital, mit welchem wir wirtschaften, unendlich gross sein, so dass wir beliebig viel auf ungemessene Zeit hin von demselben verbrauchen könnten, ohne eine Verminderung unserer wirtschaftlichen Kräfte zu verspüren. Mit diesem Gedanken stimmen denn auch vollständig die mathematischen Darlegungen überein, welche den Anhängern der Rechnung nach einfachen Zinsen deswegen unüberwindliche Schwierigkeiten bereiteten, weil sie Kapital und Zins nicht scharf auseinander zu halten vermochten und bei ihren Bemühungen, aufgefundene Widersprüche zu meiden, entweder nur einen offenen Widerspruch durch einen verdeckten ersetzten (wie z. B. eine Abhandlung in der Allg. Forst- und Jagdzeitung von 1864 S. 76 ff.), oder ihrem Grundsatze dadurch untreu wurden, dass sie, wie z. B. Cotta, ohne es selbst wahrzunehmen, mit Zinseszinsen rechneten.

Wirft ein gegebenes Kapital k alle n Jahre eine Rente r ab, so ist nach der Rechnung nach einfachen Zinsen $kn \,.\, 0{,}0p = r$. Nehmen wir je nach Verlauf von n Jahren nur die angewachsene Rente weg, während das Anfangskapital immer wieder als Kapital verwandt wird, so kann r unendlich lange eingehen, unsere wirtschaftliche Lage wird durch Verbrauch der Renten nicht verschlechtert; sie kann aber auch, da die Zinsen nie Kapital werden dürfen, sich nicht verbessern. Denken wir uns dagegen jede einzelne Rente als aus einem Anfangskapitale derart entstanden, dass dasselbe mit Zinsen bis zum Betrage der Rente anwächst und dann mit diesen Zinsen verzehrt wird, so ist die Summe aller Anfangskapitalien unendlich gross. Der ersten Rente würde ein Kapital entsprechen von $k = \frac{r\,100}{100+np}$, da $k\left(1+\frac{np}{100}\right) = r$, die zweite Rente würde erlangt mit Hilfe eines Kapitales von der Grösse $\frac{r\,100}{100+2np}$. Die Summe aller Kapitalien würde sein:

$$= \frac{100\,r}{100+np} + \frac{100\,r}{100+2np} + \frac{100\,r}{100+3np} + \ldots$$

Diese Reihe ist eine harmonische, d. h. eine solche, bei welcher die Zähler aller Glieder gleich gross sind, während die Nenner eine sog. arithmetische Reihe (R. erster Ordnung) bilden, nämlich eine Reihe, bei welcher immer das folgende Glied um einen gleichbleibenden Betrag grösser ist als das vorhergehende. Setzen wir $\frac{np}{100} = m$, so hat obige Reihe die Form:

$$\frac{r}{1+m} + \frac{r}{1+2m} + \frac{r}{1+3m} + \ldots$$

Dieselbe lässt sich in unendlich viele Gruppen von Gliedern von der Beschaffenheit zerlegen, dass die Summe einer jeden folgenden Gruppe gleich oder grösser als die der vorhergehenden ist.

In der Reihe $\frac{1}{1+m} + \frac{1}{1+2m} + \frac{1}{1+3m} + \ldots$ lässt sich ein Glied, das xte, von der Grösse ermitteln, dass

$$\frac{x-1}{1+xm} = \frac{1}{1+m}.$$

Die (x — 2) vorhergehenden Glieder sind sämtlich grösser als $\frac{1}{1+xm}$. Demnach ist das erste Glied kleiner als die Summe der auf dasselbe folgenden (x — 1) Glieder. Ebenso sich ein Glied, das yte, bestimmen, so dass

$$\frac{y-x}{1+ym} = \frac{1}{1+m}.$$

Alle vorhergehenden Glieder sind grösser, somit ist die Summe der auf das xte Glied folgenden y — x Glieder ebenfalls grösser als das erste. Das erste der betr. Glieder nimmt

ein die Stelle $x = (m + 1) + 1$, das zweite $y = x(m + 1) + 1$, das dritte $z = y(m + 1) + 1$, das vierte $w = z(m + 1) + 1$. Je das Glied, welches bezeichnet ist durch die Stelle $\frac{(m+1)^n - 1}{m}$ würde mit den vorhergehenden, im ganzen

$$\frac{(m+1)^n - 1}{m} - \frac{(m+1)^{n-1} - 1}{m} = (m+1)^{n-1}$$

Gliedern grösser als das erste Glied sein. Da wir unendlich viele Glieder haben, so ist auch die Summe aller, und zwar für jedes beliebige n und p, unendlich gross.

Nun könnte man sich bei der ewigen Rente dadurch helfen, dass man sich das Kapital als unveränderlich und jeweilig die zu demselben zugewachsenen Zinsen hinweggenommen denkt. Das Kapital, welches die Rente liefert, hätte demnach die oben berechnete Grösse von $\frac{r}{n\,0{,}0p}$ und, für $n = 1$, von $\frac{r}{0{,}0p}$. In diesem Falle berechnen wir jedoch nicht den „Jetztwert" von Renten, bezw. insofern dies geschieht, geben wir den Gedanken der einfachen Zinsen auf und rechnen tatsächlich nach Zinseszinsen.

Anders liegt nun die Sache bei einer endlich begrenzten Reihe. Das Kapital, welches einer solchen Zeitrente entspricht, kann nur auf dem Wege ermittelt werden, dass man alle einzelnen Renten auf die Gegenwart bezieht. Da nun bei diesem Verfahren jede Reihe zu einer beliebig grossen Summe anwachsen kann, sobald nur eine genügende Zahl von Gliedern vorhanden ist, so folgt hieraus, dass die auf die Jetztzeit bezogene Summe von zeitlich begrenzten Renten leicht grösser werden kann als das Kapital, welches einer unendlichen Rente entspricht. Geht eine Rente von 1000 Mk. viermal und zwar nach 25, 50, 75 und 100 Jahren ein, so entspricht ihr nach der einfachen Zinsrechnung zur Zeit ein Kapital von 1283 Mk. Diese ganze Summe darf während der ersten 25 Jahre Zinsen tragen. Sie wächst an auf 2566 Mk. Hiervon werden nun 1000 Mk. weggenommen. Von den verbleibenden 1566 Mk. dürfen aber nur 783 Mk. weiter Zinsen tragen. Dieselben ergeben 783 Mk., so dass nach 50 Jahren wieder 2349 Mk. vorhanden sind. Nach Wegnahme von weiteren 1000 Mk. verbleiben 1349 Mk., von welchen 450 Mk. Zinsen tragen. Im 75. Jahre sind 1799 Mk. vorhanden. Hievon werden 1000 verzehrt, 799 Mk. verbleiben, 200 hiervon verzinsen sich noch 25 Jahre lang, bis denn nach 100 Jahren die bis dahin wieder angesammelten letzten 1000 Mk. zur Verfügung stehen. Würde man nun bei den einzelnen Markstücken, welche als Kapital, und bei denen, welche als Zinsen zu betrachten sind, diese ihre Eigenschaft nicht vorsichtig durch ein Zeichen hervorgehoben haben, so würde man Gefahr laufen, die ganze Summe von 1283 Mk. als Kapital zu behandeln und könnte so dauernd höhere Renten ziehen als 1000 Mk. Der Käufer einer 4maligen Rente müsste für dieselbe 1283 Mk. entrichten, derjenige einer ewigen Rente aber brauchte für dieselbe überhaupt nur 1000 Mk. zu zahlen. Nach Cottas Rententafeln wäre für eine alljährlich 36 Jahre lang eingehende Rente von 1000 Mk. bei 5% 20 275 Mk. zu bezahlen, für eine solche, welche 100mal bezogen wird, 35 423 Mk., und für eine 221jährige 49 235 Mk., während für eine ewige Rente nur 20 000 Mk. zu entrichten wären. Die Zinseszinsrechnung wurde von ihm verworfen, weil bei derselben Ergebnisse zum Vorschein kämen, welche den Taxator, der sie geltend machen wolle, in den Verdacht brächten, er sei dem Tollhaus entsprungen. Da ihm aber nun die einfachen Zinsen zu hohe Beträge ergaben, so entschied er sich für arithmetisch-mittlere Zinsen und geriet so von der Scylla in die Charybdis, denn bei diesen wird in seinen Tafeln der Zeitpunkt, von welchem ab das einer Zeitrente entsprechende Kapital grösser wird, als ein solches, welches die gleiche Rente für alle Zeiten abwirft, nur um 6—12 Jahre weiter hinausgeschoben. Ueber die Hälfte der von ihm gerade für praktische Zwecke berechneten Zahlen bleibt immer noch vollständig unbrauchbar. Bemerkt hier schon die flüchtigste Betrachtung einen Widerspruch, so darf daraus ohne weiteres gefolgert werden, dass auch die übrigen Zahlen unzutreffend sind. So entspricht bei 5% einer ewigen Rente von 1000 Mk. ein Kapital von 20 000 Mk. Eine nur 36 Jahre lang laufende Rente hätte nach der einfachen Zinsrechnung einen Kapitalwert von 20 275 Mk. Verwirft man diese Zahl, weil ein offener Widerspruch mit den Ergebnissen der Zinseszinsrechnung vorliegt, so sind auch die für 35, 34 etc. Jahre berechneten Summen von 19 917, 19 554 etc. Mk. nicht annehmbar. Denn es wäre offenbar verkehrt, für eine 35 Jahre lang eingehende Rente 19 917 Mk., für die 36jährige dagegen 20 000 Mk. und ebenso viel für jede länger dauernde zu zahlen. Die Rente je des 32., 33., 34. und 35. Jahres würde heute zu 385,

377, 370, 364 veranschlagt, die des 36. nur noch zu 83, alle späteren aber würden gleich Null gesetzt. Bezeichnet man aber einmal die Diskontierung einer Mehrzahl von Renten als unzulässig, dann ist auch diejenige einer einzelnen unzutreffend; die Formeln $k = \frac{k_1}{1 + m0{,}0p}$ und $k_1 = k(1 + m0{,}0p)$ werden unhaltbar, sofern nicht in einem bestimmten Falle ein ausgesprochener Wille für sie geltend gemacht werden kann.

Will man den angeführten Uebelstand dadurch vermeiden, dass man die zeitlich begrenzte Rente als Teil einer unendlichen Rente betrachtet, den Kapitalwert, den die letztere am Ende des Zeitraums hat, auf die Gegenwart bezieht und vom Jetztwerte der unendlichen Rente in Abzug bringt, so rechnet man eben, trotzdem dies grundsätzlich verworfen wurde, in Wirklichkeit mit Zinseszinsen.

Noch weniger annehmbar sind die Ergebnisse, zu welchen wir bei einem anderen von Hierl gelehrten Verfahren gelangen. Er prolongiert erst alle einzelnen Renten auf das Ende des Zeitraums und diskontiert dann die Gesamtsumme auf den Anfang desselben. Nun wird jede einzelne Rente, welche erst auf einen späteren Zeitpunkt prolongiert, dann von da auf einen früheren diskontiert wird, grösser, als wenn sie ohne weiteres diskontiert worden wäre.

Denn es ist $$\frac{r\left(1 + \frac{np}{100}\right)}{1 + \frac{(m+n)p}{100}} > \frac{r}{1 + \frac{mp}{100}}, \text{ da}$$

$$\left(1 + \frac{np}{100}\right)\left(1 + \frac{mp}{100}\right) > 1 + \frac{(m+n)p}{100} \text{ oder}$$

$$1 + \frac{mp}{100} + \frac{np}{100} + \frac{mnpp}{100 . 100} > 1 + \frac{mp}{100} + \frac{np}{100}.$$

In der Tat wird denn auch das nach diesem Verfahren berechnete Kapital schon für Renten, welche nur 6—10 Jahre lang eingehen, grösser als dasjenige, welches nicht allein für diese Zeit, sondern für immer eine gleich hohe Rente abwirft. Hierl gerät hier auf das Gebiet der Zinseszinsrechnung. Die Rente r, welche im Jahre m eingeht, ist entstanden aus einem Anfangskapital k, welches anwächst auf $k(1 + m\,0{,}0p) = R$. Um das richtige Anfangskapital zu finden, dürfen wir nicht R vom Jahre m auf das Jahr $m + n$ prolongieren, weil wir hierbei annehmen, dass die Zinsen km 0,0p nun ebenfalls n Jahre lang Zinsen tragen. Den gleichen Fehler begehen diejenigen, welche Renten wiederholt diskontieren. Die Rechnung nach einfachen Zinsen führt demnach immer leicht zu unlösbaren Widersprüchen.

Der Grund, welchen G. L. Hartig (Anleitung zur Berechnung des Geldwertes etc. 1812 S. 11) zu gunsten der einfachen Zinsrechnung geltend machte, ist nicht stichhaltig. „Da bei weitem der grösste Teil von allen Kapitalisten und Waldeigentümern“, meinte er, „die Zinsen aus ihren Kapitalien jährlich oder periodisch verzehren oder zu ihrer Subsistenz verwenden müssen, so kann nur die einfache Zinsrechnung bei dem Verkauf der Waldungen stattfinden, und die Berechnung der Zinseszinsen nicht in Anwendung kommen.“ Es handelt sich hier ja nicht um Einnahmen, welche verzehrt, sondern um solche, welche nicht verzehrt werden. Zinsen kommen als Kosten in Anrechnung, wenn und so lange auf den Bezug der Einnahme verzichtet werden muss.

Ausser den vorstehend angeführten Widersprüchen, mit welchen die Rechnung nach einfachen Zinsen verknüpft ist, ist gegen die letztere noch der Umstand geltend zu machen, dass Kapital und Zins gar nicht von einander unterschieden werden können.

Selbst wenn die Zahlung von Zinseszinsen ausgeschlossen ist, so hindert dies nicht, dass auch in einem solchen Falle die eingehenden Zinsen wieder für Darlehenszwecke verwandt werden. Insbesondere aber würde bei der eigenen industriellen Verwertung von Produktionsmitteln die weitere Ausnützung erzielter Kapitalmehrungen gar nicht zu verhüten sein. Ein grosser Teil der Summe, welche heute als Kapital betrachtet und behandelt wird, ist früher als Zins- oder Gewinneingang verrechnet worden.

c) Die gemischte Zinsrechnung.

§ 11. Die Tatsache, dass die einfache Zinsrechnung meist ganz unannehmbar sei, gab der Anschauung gegenüber, dass die Zinseszinsrechnung zu unpraktischen Ergebnissen

führe, dazu Veranlassung, einen Mittelweg zwischen beiden einzuschlagen. Da die nach dem einen Verfahren berechnete Summe als zu hoch, die nach dem anderen als zu niedrig erschien, so schlugen die einen vor, das arithmetische Mittel aus beiden zu wählen; andere entschieden sich für das geometrische Mittel, während wieder andere nur einen Teil der Zinseszinsen angerechnet wissen wollten.

α) Die Rechnung nach arithmetisch-mittleren Zinsen, vorgeschlagen von Cotta 1818, bestimmt das arithmetische Mittel aus den Ergebnissen der einfachen und denjenigen der Zinseszinsrechnung. Ist das Anfangskapital k, so ist das Endkapital nach jener $= k(1 + n\,0{,}0\,p)$, nach dieser $= k\,1{,}0\,p^n$. Das arithmetische Mittel ist $k\,\frac{1{,}0\,p^n + 1 + n\,0{,}0\,p}{2}$. Aus diesem Endkapital erhalten wir aber keineswegs wieder auf dem Wege der Diskontierung das gleiche Anfangskapital. Durch Diskontierung würden wir finden:

$$\frac{k(1{,}0\,p^n + 1 + n\,0{,}0\,p)}{4}\left\{\frac{1}{1{,}0\,p^n} + \frac{1}{1 + n\,0{,}0\,p}\right\}$$

oder

$$\frac{k(1{,}0\,p^n + 1 + n\,0{,}0\,p)^2}{4\,1{,}0\,p^n\,(1 + n\,0{,}0\,p)}.$$

Der Zähler des Bruches ist, wie leicht nachzuweisen, grösser als der Nenner. Wir kommen demnach auf ein grösseres Kapital als dasjenige war, von welchem wir ausgingen und zwar wird der Unterschied um so grösser, je grösser p und n. So wächst nach Cotta ein Kapital von 1000 Mk. zu 5% nach 100 Jahren auf 65 595 Mk. an. Diskontieren wir aber nun nach der Vorschrift Cottas dasselbe Kapital um 100 Jahre, so erhalten wir nicht 1000, sondern 5774 Mk. Einer 100 Jahre lang eingehenden jährlichen Rente von 1 Mk. entspricht nach Cotta heute ein Kapital von 27,55 Mk. Dieses Kapital ist nach 100 Jahren = 1807 Mk. Prolongieren wir aber die einzelnen Renten direkt, so erhalten wir nur 1490 Mk. So führt unser Rechnungsverfahren zu einem Wirrsal praktisch unlösbarer Widersprüche.

β) Die Rechnung nach geometrisch-mittleren Zinsen, zuerst vorgeschlagen durch einen sächsischen Oberförster Schramm, der unter dem Decknamen Mosheim schrieb, demnächst besonders verteidigt durch v. Gehren (Waldwertrechnung 1835) bestimmt das geometrische Mittel aus den Ergebnissen der einfachen und der Zinseszinsrechung. Ein Kapital k wächst zu $p^0/_0$ nach der letzteren an in n Jahren auf $k\,1{,}0\,p^n$, nach einfachen Zinsen auf $k(1 + n\,0{,}0\,p)$. Das geometrische Mittel hieraus ist $k\sqrt{(1 + n\,0{,}0\,p)\,1{,}0\,p^n}$. Diskontieren wir diesen Betrag nach dem gleichen Verfahren um n Jahre, so kommen wir, im Gegensatz zu der Rechnung nach arithmetisch-mittleren Zinsen, wiederum zum Anfangskapitale k. Dagegen erwachsen Verlegenheiten und Schwierigkeiten bei der Diskontierung und Prolongierung von Renten. Hier kommen wir zu ganz verschiedenen Ergebnissen, je nachdem wir die geometrischen Mittel aus den einzelnen Renten bilden und dieselben summieren oder die einzelnen Renten erst nach einfachen und Zinseszinsen summieren und dann aus diesen Ergebnissen das geometrische Mittel bilden. Die Frage, welches Verfahren einzuschlagen sei, kann ebenso, wie diejenige, ob das arithmetische oder das geometrische Mittel den Vorzug verdiene, nur auf dem Wege der Willkür entschieden werden.

γ) Bei der Rechnung nach beschränkten Zinseszinsen wird unterstellt, dass die Zinsen des Kapitals von der Zeit ihrer Fähigkeit ab zwar ebenfalls Zinsen, aber nur noch einfache Zinsen tragen. Ist der Zins des Kapitals 1 gleich z, so wächst das Kapital an nach

1 Jahr auf $1 + z$
2 Jahren „ $(1 + z)(1 + z) = 1 + 2z + z^2$
3 „ „ $(1 + 2z)(1 + z) + z^2 = 1 + 3z + (1 + 2)z^2$
4 „ „ $(1 + 3z)(1 + z) + (1 + 2)z^2 = 1 + 4z + (1 + 2 + 3)z^2$
. . . .
n „ „ $(1 + [n-1]z)(1+z) + (1+2+\ldots[n-2])z^2 = 1 + nz + (1+2+\ldots[n-1])z^2$

oder, indem wir 0,0 p für z setzen, auf:

$$1 + 0{,}0\,p\left(n + 0{,}0\,p\,\frac{n(n-1)}{2}\right).$$

Die Endwerte einer n Jahre lang laufenden jährlichen Rente würden nach dieser Formel sein:

$$1 + z + \frac{z^2}{2}(1^2 - 1)$$
$$1 + 2z + \frac{z^2}{2}(2^2 - 2)$$
$$1 + 3z + \frac{z^2}{2}(3^2 - 3)$$
$$\cdots\cdots\cdots$$
$$1 + nz + \frac{z^2}{2}(n^2 - n)$$

Die Summe derselben ist

$$= n + \frac{n(n+1)}{2}\,z + \frac{z^2}{2}\left\{\frac{(n+1)(2n+1)n}{6} - \frac{n(\;+1)}{2}\right\}$$
$$= n\left(1 + \frac{n+1}{2}\,z\left\{1 + z\,\frac{n-1}{3}\right\}\right)$$

Der Gedanke, auf welchem diese Formeln aufgebaut sind, ist inkonsequent. Giebt man einmal zu, dass Zins vom Zins berechnet werden darf, so ist kein Grund vorhanden, hier eine Grenze zu ziehen, welche doch nur eine willkürliche sein kann. Abgesehen von den technischen Schwierigkeiten, welche mit der Handhabung der überaus schwerfälligen Formeln verknüpft sind, ist es auch bei der Rechnung nach beschränkten Zinseszinsen praktisch geradezu unmöglich, dieselbe in allen Fällen folgerichtig durchzuführen. Lässt sich der Zins vom Kapital nicht vollständig scheiden, so ist es noch viel schwieriger, immer zu bestimmen, ob es sich um einen Kapitalstamm, einen einfachen Zins, Zins vom Zins oder bereits um einen Zins von Zinseszinsen handelt. Selbst bei gegebenen Grössen, deren Eigenschaft als Kapital und Zins von vornherein festgesetzt wurde, läuft man auch bei der grössten Vorsicht immer Gefahr, bei Diskontierungen und Prolongierungen fortwährend aus der Rolle zu fallen. Führt bei einfachen Zinsen die Kapitalisierung von Zeitrenten leicht zu höheren Beträgen als die von ewigen Renten, so tritt dieser Uebelstand, wenngleich nicht in so ausgedehntem Masse, doch auch bei der Rechnung nach beschränkten Zinseszinsen ein.

Als Urheber der Rechnung nach diesen beschränkten Zinseszinsen wird der königl. preuss. Oberbaurat Eitelwein genannt, welcher dieselben für Ablösung von Bauholzberechtigungen in Preussen vorschlug, zu welchem Zweck sie dort noch gegenwärtig Anwendung finden sollen. In die forstliche Litteratur wurden sie durch Burkhardts Waldwertrechnung 1860 eingeführt.

Eine andere Art beschränkter Zinseszinsen wurde von Prof. Baur empfohlen[6]). Nach ihm soll ein Kapital nur eine gewisse Reihe von Jahren Zinseszinsen tragen, alsdann werden die aufgelaufenen Zinseszinsen als ertragslos angenommen und das ursprüngliche Kapital wieder auf eine gleiche Periode (etwa 40 Jahre) auf Zinseszinsen angelegt; demnächst folgt wieder Zurückziehung desselben und weitere Anlage des einfachen Kapitales in gleicher Weise u. s. f. Es wird also angenommen, ein Kapital verliere nach Ablauf einer gewissen Zeit die Eigenschaft, dass seine seitherigen Zinseszinsen weitere Zinsen bringen könnten. Offenbar ist diese Annahme willkürlich und entfernt sich von der Wahrheit.

Die Verwirklichung des Baur'schen Prinzips ist so gedacht, dass für die erste Verzinsungsperiode der herrschende Zinsfuss sicherer Kapitalsanlagen angenommen wird, während für die folgenden Zeiträume ein fortgesetztes Fallen desselben eintreten soll. Eine derartige Rechnungsweise würde übrigens mit grossen Schwierigkeiten behaftet sein und praktisch kaum auf etwas anderes hinauslaufen können, als auf ein Sinkenlassen der Zinsfüsse mit zunehmender Umtriebszeit (vgl. § 13 und 14).

2. Die Höhe des Zinsfusses.

§ 12. Aufgabe der Volkswirtschaftslehre ist es, das tatsächliche Vorkommen von Zinsanrechnungen zu erklären und zu begründen, die Ursachen zu besprechen, welche im allgemeinen auf die Höhe des Zinsfusses einen Einfluss ausüben und theoretisch die Grenzen festzusetzen, innerhalb deren der Zinsfuss sich im allgemeinen bewegt. Die tatsäch-

6) Baur, Handbuch der Waldwertrechnung 1886, S. 78.

lichen Grenzen, insbesondere aber die wirkliche Höhe des Zinsfusses lassen sich nur an der Hand von Erhebungen aus dem praktischen Leben ermitteln. Die Waldwertrechnung hat sich an diese zu halten und im übrigen nur der Frage näher zu treten, ob auf Grund der Sätze der Volkswirtschaftslehre und der tatsächlichen Gestaltung der gesamten Wirtschafts- und Verkehrsverhältnisse eine Aenderung des Zinsfusses zu erwarten ist.

Nun ist der Zins ganz allgemein gleich der reinen Nutzung, welche aus einem Kapitale gezogen wird. Demgemäss sind von den wirklichen Eingängen, die durch Anwendung des Kapitales erzielt werden, zunächst alle erfolgten Aufwendungen und Kapitaleinbussen zu ersetzen. Was hiernach verbleibt, ist als Zins zu betrachten. In der einfachsten Form tritt derselbe bei der Verleihung auf, da bei derselben die Aufwendungen des Gläubigers verhältnismässig gering sind und gewöhnlich auch leicht in bestimmter Grösse verrechnet werden können. Schwierig ist dagegen oft die Bemessung des Zinses (Kapitalgewinn) bei der eigenen Kapitalanwendung, weil hier nicht immer brauchbare Durchschnittssätze zur Bezifferung der Kosten, insbesondere desjenigen Teiles derselben zu Gebote stehen, welche für Aufwand an körperlicher und geistiger Kraft zu verrechnen sind. In solchen Fällen wird gewöhnlich das umgekehrte Verfahren eingeschlagen: man ermittelt nicht den Zins durch Abzug aufgewandter Kosten, sondern man bestimmt einen erzielten Gewinn (Unternehmergewinn) durch Abrechnung von fest gegebenen Zinsen.

a) Der Leihzins.

§ 13. *α*) Die Bestimmung des reinen Leihzinses. Aus den angeführten Gründen wäre der wirkliche Zins aus Verleihungen und aus solchen eigenen Kapitalanwendungen zu bestimmen, bei welchen die Vergütung für eigene Arbeit nach einem gegebenen Durchschnittssatz bemessen werden darf. In diesen Fällen werden Kapitalgewinn und reiner Leihzins im grossen Durchschnitt einander nahe, oder wenn etwaige persönliche Annehmlichkeiten oder Unannehmlichkeiten ganz ausser Betracht fallen, auch einander gleich kommen.

Bei der Verleihung ist zwischen dem vereinbarten („nominellen") und dem wirklich erzielten (reinen) Zins zu unterscheiden. Den Unterschied zwischen beiden bezeichnet man, wenn er nach etwa vorhandenen Verlustgefahren bemessen wurde, als Gefahrprämie (Risikoprämie). Ist eine rechnungsmässig angenommene Nutzung, die nach n Jahren zu erwarten ist, $=k$, während wirklich mk eingeht, und ist der beanspruchte reine Zins $=p^0/_0$, so ist der verabredete Zins x so zu berechnen, dass

$$\frac{mk}{1{,}0p^n} = \frac{k}{1{,}0x^n}.$$

Wir können nun setzen $m = \left(1 - \frac{g}{100}\right)^n$ und erhalten demnach

$$1{,}0x^n \left(1 - \frac{g}{100}\right)^n = 1{,}0p^n \text{ oder}$$

$$\left(1 + \frac{x}{100}\right)\left(1 - \frac{g}{100}\right) = 1 + \frac{p}{100}, \text{ heraus}$$

$$x - g - \frac{gx}{100} = p.$$

Ist g nicht gross, so können wir kurz setzen $x = p + g$. g ist die sog. Gefahrprämie. Zum gleichen Ergebnis kommen wir, wenn mehrere Nutzungen zu erwarten sind, oder wenn wir annehmen, dass von a ausgeliehenen Kapitalien $g^0/_0$ verloren gehen. Dann müsste sein

$$ak\left(1 + \frac{p}{100}\right) = \left(1 - \frac{g}{100}\right) ak \left(1 + \frac{x}{100}\right) \text{ und } x = p + g.$$

Sind die wirklichen Nutzungen, z. B. bei eigener Kapitalanwendung, grösser als die rechnungsmässig angenommenen, so ist g negativ, d. h. wir können, wenn nur der übliche reine Zins in Vergleich gezogen wird, einen niedrigeren Zinssatz in der Rechnung unterstellen. Ist der Aufwand für Erstellung eines Hauses $= k$ und wirft dasselbe eine dauernde reine jährliche Einnahme von n ab, so verzinst sich der wirkliche Aufwand zu $\frac{n\,100}{k}\,^0/_0$. Das Haus selbst entspricht aber jetzt einem Kapitale $= \frac{n}{0{,}0p}$. Ist Hoffnung vorhanden, dass die Einnahme binnen kurzem um $g^0/_0$ steigen wird, so ist das Kapital

$= \frac{n\,1,0g}{0,0p}$. Wenn man die jetzige Einnahme der Rechnung zu Grunde legt und dafür den Zinsfuss ändert, so ist letzterer zu setzen $= \frac{p}{1,0g}$.

Hiermit sind denn auch die Grundsätze angegeben, nach denen der in der Forstwirtschaft anzuwendende Zinsfuss zu bemessen ist. Derselbe ist gleich dem reinen Zins zu setzen, wie er für die Dauer anderweit bei Verleihungen, Ankauf von landwirtschaftlichem Gelände, Gebäuden etc. erzielt werden kann.

Zunächst wäre für die Bemessung der Leihzins ins Auge zu fassen. Nun ist der Leihzins auch bei sicher angelegten Kapitalien nicht immer als reine Kapitalnutzung anzusehen. Von demselben kommen allenfalls noch Auslagen, dann Verluste, welche durch Verspätung des Zinseingangs, Kursschwankung, Rechtshilfe gegen den säumigen Schuldner u. dgl. erwachsen, in Abzug.

Mit Rücksicht hierauf hat man wohl vorgeschlagen, je nach der Höhe der Umtriebszeit einen verschiedenen Zinsfuss zu unterstellen. So heisst es in der Anleitung zur Waldwertrechnung, verfasst vom kgl. preuss. Ministerialforstbüreau (Berlin 1866) S. 3:

„Je länger ein Zeitraum, für welchen ein Kapital, ohne Unterbrechung und ohne dass die für die mit der Wiederanlegung des Kapitals und der Zinsen verbundenen Mühen, Kosten, Zeitverluste und zeitweise Zinsausfälle eintreten, werbend sicher angelegt wird, um so geringer kann der Zinsfuss sein. Es würde daher dieser Zinsfuss für Diskontierungen auf kurze Zeiträume höher anzunehmen sein, als für längere." Demgemäss werden vorgeschrieben für Umtriebszeiten von

30—40 Jahren	$3^1/_4$ %	10—14 Jahren	$4^1/_4$ %
26—33 „	$3^1/_2$ „	6—9 „	$4^1/_2$ „
15—19 „	4 „	4—5 „	$4^3/_4$ „

Diese Zahlen sind auf eine bedeutende Ueberschätzung der Verluste zurückzuführen, welche mit dem Ausleihen verbunden sein können. Nehmen wir an, bei dem Verleihen der einzelnen Erträge gingen q% verloren, so dass also von einer Annahme r, welche aus dem Walde wirklich gezogen wird, infolge nachherigen Ausleihens nur r (1—0,0q) verbleiben, sei ferner der normale Zinssatz 3%, so wird, wenn wir denselben bei einer Umlaufszeit von 5 Jahren auf $4^3/_4$ % erhöhen, hierbei unterstellt, als ob von jeder Einnahme, welche wir verleihen, 40% verloren gehen. Und wenn wir bei einer Umlaufszeit von 30 Jahren den Zins von 3 auf 3,5% erhöhen, so veranschlagen wir den Verlust auf rund 36%. In Wirklichkeit ist die Zwangslage, in die man durch den Eingang einer anderweit zu verwendenden Einnahme versetzt wird, bei weitem nicht von so schlimmen Folgen begleitet, als das preuss. Ministerialforstbüreau s. z. angenommen hat. Unterstellen wir einen Verlust von 10%, so hätten wir statt 3% bei 5jährigem Umschlage 3,31% und bei 40jährigem 3,19% zu setzen. Beziffert sich aber der Verlust auf nur 1%, so hätten wir das Prozent zu erhöhen von 3 auf 3,03 bezw. 3,02%. Wir kommen hier auf Unterschiede, welche praktisch ohne Bedeutung sind.

Nun ist es aber gar nicht notwendig, dass eingegangene Einnahmen verliehen werden. Man kann sie auch anderweitig für Zwecke des Haushalts, Bezahlung von Zinsen, Tilgung von Schulden u. dergl. verwenden. Und gerade in der Staatsverwaltung werden die ordentlichen Einnahmen, mögen sie nun aus der Niederwaldwirtschaft oder aus dem Hochwald herrühren, überhaupt nicht verliehen. Hiernach ist es gerechtfertigt, eine einmal wirklich erzielte Einnahme auch als voll zu verrechnen. Die Höhe der Umtriebszeit bedingt alsdann überhaupt keinen Unterschied mehr. Ist das bei Verleihungen bedungene Prozent $= q$, so müsste das Kapital k nach einem Jahre anwachsen auf k 1,0q. Gehen aber nun m% verloren, so erhält man nur $\left(1+\frac{q-m}{100}\right)$. Wiederholt sich dieser Vorgang Jahr für Jahr, so wächst das Kapital in u Jahren an auf $k\left(1+\frac{q-m}{100}\right)^u = k_1$ oder, indem wir $q - m = p$ setzen, auf $k\,1,0p^u = k_1$. Eine nach u Jahren eingehende Einnahme k_1 wäre demnach jetzt zu schätzen auf $\frac{k_1}{1,0p^u}$ und, wenn sie alle u Jahre wiederkehrt, auf $\frac{k_1}{1,0p^u - 1}$. Der Zinsfuss p würde also, ganz unabhängig von u, um einen gleichbleibenden Betrag m zu vermindern sein. Jede einmal eingegangene Einnahme könnte fortan

zu $q - m = p\,\%$ weiterwachsen. Zum gleichen Ergebnis gelangen wir bei der Unterstellung, dass periodische Verluste durch Zinsausfall, Schwierigkeit der Wiederverleihung u. dergl. erlitten werden. Demnach bietet der oben angeführte Grund keine Veranlassung, den Zinsfuss je nach der Höhe des Umtriebs verschieden zu bemessen[7]. Derselbe war wohl auch für die Vorschrift des genannten Ministerialforstbüreaus bestimmend, nach welcher für Diskontierung aussetzender Renten ein Zinsfuss von 3 %, für Kapitalisierung jährlicher Renten ein solcher von 5 % angewandt werden sollte. Diese Vorschrift führt zu unlösbaren Widersprüchen. Für eine jährliche Rente würde nur 33 mal so viel zu entrichten sein, wie für eine solche, welche alle 33 Jahre einmal eingeht, trotzdem je die ersten 32 Einnahmen der jährlichen Rente frühzeitiger bezogen werden. Geht die aussetzende Rente noch öfter, etwa alle n Jahre ein, so ist für eine jährliche Rente von gleicher Höhe, welche in dieser Zeit n mal bezogen wird, weniger als der n fache Betrag des der aussetzenden Rente entsprechenden Kapitales zu entrichten. Eine alle 10 Jahre eingehende Rente von 1000 Mk. würde auf 2908 Mk. beziffert, eine jährliche Rente von 1000 Mk. würde dagegen einem Kapitale von nur 20 000 Mk. gleichgesetzt, also nur gleich dem 6,8fachen der aussetzenden Rente, trotzdem 10mal mehr jährliche als aussetzende Renten und zudem noch frühzeitiger als letztere bezogen werden. Ueberdies ist, wie bereits Heyer (S. 16) hervorgehoben hat, die Kapitalisierung von Renten, welche in der Zukunft zu erwarten sind, nichts anderes als eine Diskontierung. Die genannte einer rein theoretischen Erwägung entsprungene und doch zur praktischen Anwendung bestimmte Vorschrift ist demnach als unbegründet zu verwerfen.

Zurzeit (Jan. 1886) steht der Kurs der vierprozentigen Reichsanleihe, der neuen bayerischen, der württembergischen, der hessischen Anleihe und der preuss. Mark-Konsols im Durchschnitt auf 105,50. Hieraus berechnet sich ein Zins von 3,79 %. Erfolgt nun die Einlösung später al pari, so erhält man für je 1055 nur 1000. Würde etwa die Einlösung nach n Jahren erfolgen und der inzwischen gezogene Zins mit gleichem Prozente wieder angelegt, so hätten wir

$$1055 \,.\, 1{,}0x^n = 1000 + \frac{40}{0{,}0x}\,(1{,}0x^n - 1).$$

Für $n = 10$ berechnet sich x auf 3,3 %, für $n = 15$ stellt sich x auf 3,5 %. Die genannten Anlehen bieten für den Gläubiger zureichende Sicherheit, zumal wenn er sich durch Eintragung im Staatsschuldbuch („Vinkulierung") gegen etwaige Verluste, durch Feuer, Verlieren etc. schützt. Deswegen könnte, soweit nur die Sicherheit zu beachten ist, auch der Zins, den jene Anlehen abwerfen, in Anwendung kommen.

Eine andere Frage ist es, ob dieser Zins auch für die Dauer seine jetzige Höhe behaupten wird. Die gewöhnliche Anschauung geht dahin, dass er im Laufe der Zeit noch weiter sinken werde. Man stützt sich hierbei auf bekannte Aussprüche von Vertretern der Volkswirtschaftslehre, nach denen der Zins das Bestreben aufweise, mit steigender Kultur sich zu vermindern. Allerdings ist die Wahrscheinlichkeit grösser für diese als für eine gegenteilige Annahme. Es würde kein Grund vorliegen, wenn auch der Zins vorübergehend wieder steigen sollte, für auf lange Zeiträume sich erstreckende Rechnungen einen höheren Zinsfuss zu unterstellen. Wie weit freilich der Zinsfuss, wenn wir auch eine Ermässigung als wahrscheinlich voraussetzen dürfen, noch weiterhin sinken wird, dies lässt sich ebenso wenig mit Bestimmtheit voraussagen, wie wir etwa wissen, mit welchen Schwankungen er sich ändert. Eine Erniedrigung bis auf 0 % ist praktisch unmöglich, aber auch sehr niedrige Zinssätze von $^1/_2$, $^3/_4$, 1 % etc. dürfen wir schon von der Betrachtung ausschliessen. Im allgemeinen möchten wohl gegen einen Satz von rund 3 % kaum Bedenken erhoben werden. Die Ermässigung ist nicht zu stark gegenüber der jetzigen wirklichen sicheren Verzinsung und eine hohe Erniedrigung bedürfte schon einer eingehenderen Begründung, als die durch den oben erwähnten allgemein gehaltenen volkswirtschaftlichen Lehrsatz.

(Bei Durchsicht dieser Abhandlung für die 2. Auflage (November 1902) war der Kurs

der 4 % deutschen Schatzscheine 101,10
„ $3^1/_2$ % „ Reichsanleihe 101,90
„ 3 % „ „ 91,50

Hiernach würden augenblickliche Verzinsungen von 3,96, 3,46 und 3,28 % herauskommen,

---

7) Vgl. hierüber den Aufsatz von S. Eisele in der Allg. Forst- und Jagdzeitung von 1886 S. 8 ff.

mithin sich im Falle des Zinsfusses seit 1886 ergeben, wie solches aus den inzwischen erfolgten Konvertierungen der meisten Staatsanleihen (mit Zinsreduktionen) schon ohnehin hervorgeht. Str.)

Man hat auch vorgeschlagen, weil der Zinsfuss im Laufe der Zeit sinke, für höhere triebszeiten einen geringeren Zinssatz zu unterstellen, als für niedrigere. Würde der Zinsfuss zur Zeit auf p_1 stehen und dann je nach Verlauf von n Jahren sich beziffern auf p_2, p_3, $p_4 \ldots$ %, so würde ein Kapital k nach n Jahren anwachsen auf $k\,1{,}0p_1^n = k_1$. Nach weiteren n Jahren hätten wir $k_2 = k_1\,1{,}0\,p_2^n = k\,1{,}0\,p_1^n \,.\, 1{,}0\,p_2^n$, nach 4 n Jahren $k_4 = k\,1{,}0\,p_1^n \,.\, 1{,}0\,p_2^n \,.\, 1{,}0\,p_3^n \,.\, 1{,}0\,p_4^n$. Würde der Zinsfuss, wenn er die Höhe p_4 erreicht hat, fortan dieselbe behaupten, so würde eine alle n Jahre eingehende Rente r zu veranschlagen sein auf

$$k = \frac{r}{1{,}0\,p_1^n} + \frac{r}{1{,}0\,p_1^n\,1{,}0\,p_2^n} + \frac{r\,1{,}0\,p_4^n}{(1{,}0\,p_4^n - 1)\,1{,}0\,p_1^n\,1{,}0\,p_2^n\,1{,}0\,p_3^n}$$

Geht die Rente alle 2 n Jahre ein, so ist sie zu veranschlagen auf

$$k_1 = \frac{r}{1{,}0\,p_1^n\,1{,}0\,p_2^n} + \frac{r\,1{,}0\,p_4^n}{(1{,}0\,p_4^{2n} - 1)\,1{,}0\,p_1^n\,1{,}0\,p_2^n\,1{,}0\,p_3^n}$$

Setzt man nun $k = \frac{r}{1{,}0x^n - 1}$ und $k_1 = \frac{r}{1{,}0\,y^{2n} - 1}$, so können die Prozente x und y berechnet werden, welche als gleichbleibend je für die höhere und niedere Umtriebszeit unterstellt werden können.

x berechnet sich höher als y. Würde nun aber der Zinsfuss in der nächsten Zukunft fallen, dann wieder für einige Zeit steigen, um erst in einer ferneren Zukunft zu sinken, so könnte umgekehrt y grösser als x werden. Darüber, wie der Zinsfuss sich wirklich ändern wird, lässt sich nichts Bestimmtes aussagen. Wir könnten nur ein durchschnittliches stetiges Sinken unterstellen. Nehmen wir an, der Zinssatz stehe jetzt auf 3,5 %, er sei je nach 16 Jahren: 3,3, 3,0, 2,8, 2,5 und erhalte sich dauernd auf dieser Höhe, so würde sich berechnen für eine Umtriebszeit

von	16	Jahren	3,16 %
„	80	„	2,96 „
„	112	„	2,85 „

Würde dagegen der Zinsfuss je nach 16 Jahren sinken von 3,5 auf 3,0, 2,5, 2,0, 1,5 %, so erhielten für die 16jährige Umtriebszeit 2,79, für die 80jährige 2,28 %. Um auf nennenswerte Unterschiede zu kommen, müssen wir schon ein starkes stetiges Fallen des Zinsfusses unterstellen, ohne gerade hierfür eine zureichende Begründung zur Hand zu haben. Bei einem langsameren Fallen aber handelt es sich um Bruchteile, welche praktisch ohne Bedeutung sind. Es empfiehlt sich daher, ganz unabhängig von der Höhe der Umtriebszeit immer den gleichen Zinsfuss zu unterstellen, und zwar dürfte derselbe wegen des wahrscheinlichen zukünftigen Sinkens doch wohl nur um einen Bruchteil ermässigt werden. Setzen wir letzteren gleich 0,5, so dürfte er wohl schon hoch genug bemessen sein. Wir kämen alsdann, wenn wir von den obigen Ergebnissen deutscher Anlehen ausgehen, auf einen Satz, welcher von 3 % nicht wesentlich abweicht.

In anderen Ländern, z. B. Oesterreich, ist freilich der nominelle Zinssatz höher als in Deutschland. Doch umschliesst derselbe hier auch eine höhere Gefahrprämie, er würde nicht voll in Anrechnung kommen. Aber noch ein weiterer Grund würde dagegen sprechen, in diesen Ländern, insbesondere in den dem Verkehre noch weniger erschlossenen Teilen derselben mit ihren derzeitigen niedrigen Holzpreisen den Zinssatz der Leihkapitalien ohne weiteres bei Waldwertrechnungen zu unterstellen.

§ 14. *β)* Die Anwendung des Leihzinses für Zwecke der Waldwertrechnung. Können wir die wirklichen Erträge und Kosten der Gegenwart und Zukunft in unsere Rechnungen einführen, so haben wir, sofern nicht noch anderweite Aufgaben der Waldwirtschaft erfüllt werden sollen oder persönliche Zwecke zu berücksichtigen sind, einfach den reinen Leihzins zu wählen. Rechnen wir jedoch mit den heutigen Erträgen und Kosten und zwar mit der Annahme, dass dieselben immer die gleichen bleiben, während sie sich in Wirklichkeit ändern werden, so müsste der Fehler durch entsprechende Erhöhung oder Erniedrigung des Zinsfusses ausgeglichen werden.

1. Die Naturalerträge. Zunächst können die Naturalerträge andere sein als die angenommenen. Dieselben können infolge des Eintritts von Elementarereig-

nissen (Feuer etc.) oder Frevel geringer ausfallen [8]). Der Zinsfuss wäre alsdann entsprechend zu erhöhen. Ist die unterstellte Einnahme = 1, die wirkliche q, so müsste, wenn dieselbe alle n Jahre eingeht und der normale Zinsfuss = 3 % ist, gesetzt werden $\frac{1}{1{,}0x^n - 1} = \frac{q}{1{,}0p^n - 1}$. Hieraus ergiebt sich

für q = 0,9 und n = 16 ... x = 3,26 für q = 0,5 und n = 16 ... x = 5,08
n = 100 ... x = 3,20 n = 100 ... x = 3,69

Bei diesen Beispielen wurde angenommen, es gehe durch die Gefahr jeweilig 10—50 % verloren. In Wirklichkeit ist jedoch die Gefährdung der Wälder bei weitem nicht so hoch. So war der Brandschaden in den kgl. bayr. Staatswaldungen in der Zeit 1877—81 nur 0,2 ‰ (Heyer S. 8). Ziemlich die gleiche Höhe erreichte er in den preussischen Staatswaldungen in den Jahren 1868—80. Nimmt man den 10fachen Betrag an, also 0,2 %, so wäre bei 16jähriger Umtriebszeit das Prozent von 3 auf 3,05, bei 100jähriger von 3 auf 3,02 zu erhöhen. Hiernach kann man wohl sagen, dass die dem Walde drohenden Gefahren, auch wenn sie nicht zu niedrig veranschlagt werden, im Prozente praktisch überhaupt nicht mehr zum Ausdruck gebracht werden können. Sobald übrigens einmal die Statistik solcher Gefahren genügend bearbeitet ist und der Grad der Gefährdung je nach Holz- und Betriebsart, Holzalter, Oertlichkeit etc. in Prozenten des Ertrages beziffert werden kann, ist es zu empfehlen, die aus derselben wahrscheinlich erwachsenden Verluste, soweit sie noch nicht in den anzuwendenden Ertragstafeln berücksichtigt werden konnten, von den Erträgen in Abzug zu bringen, statt den Zinsfuss zu erhöhen.

Ferner können die Naturalerträge steigen, indem Verkehrsentwickelung, Beseitigung oder Regelung von auf dem Walde lastenden Berechtigungen, Vorkehrungen gegen Gefahren etc. eine sorgsamere Pflege und Ausnutzung, Einführung eines besseren Wirtschaftssystems, Verwertung seither unbenutzter Nebennutzungen etc. gestatten. Solche Ertragserhöhungen sind in den letzten Jahrzehnten fast in allen deutschen Waldungen eingetreten. So berechne ich nach der Methode der kleinsten Quadrate für die preussischen Staatswaldungen des Besitzstandes von 1866 eine konstante jährliche Zunahme der durchschnittlichen Nutzung von einem Hektar von 0,032 fm. in den Jahren 1830—1880. Im Durchschnitt der Jahre 1830—40 wurden gewonnen 1,88 fm., im Jahre 1880 wurden erzielt 3,36 fm. Für die bayer. Staatswaldungen finde ich in der Zeit 1829—80 eine konstante Mehrung von 0,028 fm. (1819—25: 2,96; 1881: 4,03 fm.), für Württemberg in der Zeit 1823—83 eine jährliche Erhöhung um 0,031 fm. (1823—32: 2,72; 1883: 4,27 fm.), für Sachsen in der Zeit 1850—80 eine Zunahme von 0,08 fm. (1850—59: 4,73 fm. und 1880: 6,56 fm.), für Braunschweig endlich von 0,02 fm. (1850—80: 4,11 und 1881: 4,29 fm.). Baden allein weist von den mir vorliegenden Fällen einen Rückgang um jährlich 0,025 fm. auf (1850—59: 5,08; 1860—69: 4,65; 1870—79: 4,59 fm.) doch scheinen mir die Zahlen, über welche ich verfügte, wegen ungleicher Einrechnung von Brennholz und Stockholz nicht vergleichbar zu sein. Denn die neueren zuverlässigen „Statistischen Mitteilungen“ geben für 1878—83 eine Ausbeute von 5,44 fm. an. Der Mehreinschlag ist nur zum kleineren Teil der Aufforstung von Blössen und Oeden zu verdanken; auch lässt er sich nicht allein, wenigstens nicht überall durch eine Aufzehrung von Vorratsüberschüssen erklären. Eine solche hat wohl zeitweise mitgewirkt, doch nicht in einer langen Reihe von über 5 Jahrzehnten wie in Preussen. Im übrigen aber ist wohl vielfach gerade durch Herabsetzung der Umtriebszeit die Ergiebigkeit des Waldes nur gesteigert worden, indem man sich dem Zeitpunkt näherte, in welchem der Durchschnittszuwachs seinen höchsten Betrag erreicht. Dazu kamen Ablösungen von Berechtigungen, Uebergang zu intensiverer Wirtschaft und zu ertragsreicheren Holzarten (Nadelholz statt Laubholz), ferner die Steigerung der Durchforstungserträge und insbesondere noch der Umstand, dass unser heutiges Transportwesen viele Waldungen dem Verkehre mehr erschlossen hat und vieles Holz dem Verbrauche zuführte, welches früher nicht genutzt werden konnte. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass Besserung und Mehrung der Transportmittel (Sekundärbahnen, Waldeisenbahnen, Waldwege etc.), Fortschritte der forstlichen Technik und vervollkommnete Ausnutzung in vielen Waldungen auch noch weitere Erhöhung der Holzgewinnung bringen werden.

Auch das Nutzholzprozent (vom Derbholz) ist heute höher wie früher. Die preussischen Staatswaldungen weisen in der Zeit 1830—80 (seit 1868 mit Einschluss der Wal-

8) Von Gefahren, welche den Boden bedrohen (Abschwemmung), dürfen wir hier füglich absehen.

dungen der neuen Provinzen) eine konstante jährliche Zunahme von 0,2 auf (1830—39: 20,8 %; 1880: 29,0 %); (1899: 58,6 %); die bayerischen in den Jahren 1819—81 von 0,42 (1819—25: 15 % und 1881: 36 %); (1898: 50 %); die württembergischen in der Zeit 1855—81 von 0,53 (1855—60: 26 % und 1881: 43,6 %); (1898: 55,5 %); die badischen in den Jahren 1850—81 von 0,65 (1850—59: 25 % und 1881: 38 %); (1898: 40 %) und die sächsischen in der gleichen Zeit von 1,02 (1850—59· 42 % und 1881: 75 %); (1899: 81 %).

Nun giebt freilich das Nutzholzprozent, wie es von der Verwaltung aufgezeichnet wird, keinen scharfen Ausdruck für die wirkliche Verwendung; doch bietet es immerhin einen Anhalt, um ein Urteil über Verbesserungen in der Ausnutzung und Verwertung zu gewinnen. In der Zukunft dürfen wir wohl in dem grössten Teile der deutschen Waldungen noch einer Erhöhung des Nutzholzprozentes entgegensehen. Schon die Verminderung des Brennholzverbrauchs drängt darauf hin. Auf der anderen Seite aber bietet sich für zunehmende Verwendung von Nutzholz, insbesondere von schwächeren Sortimenten, die früher nur Brennholz lieferten, ein mit der Verkehrsentwicklung und Umgestaltung der Technik wachsender Spielraum.

§ 15. 2. Die Preise. Wichtiger als die Unterscheidung zwischen Nutz- und Brennholz ist für unsere Zwecke die Preisgestaltung, zumal Holzgattungen, welche früher als Brennholz verkauft wurden und in einigen Verwaltungen auch heute noch als solches verrechnet werden, als Rohstoff in der Industrie Verwendung finden (Holzschleifereien).

In denjenigen Fällen, in welchen seither zureichende Beobachtungen angestellt worden sind, bilden Preiserniedrigungen, die eine lange Reihe von Jahren hindurch anhielten, eine verhältnismässig seltene Ausnahme. Solche Ausnahmen aber sind meist, wenn nicht ausschliesslich, insofern zweifelhafter Natur, als sie Folge von falschen Berechnungen sind oder auch daher rühren, dass die höheren Preise der früheren Zeit für ungleich wertvollere Güter, wie stärkere Sortimente etc. gelten als die der späteren. Diese Tatsache hat dazu Veranlassung gegeben, dass man bei wissenschaftlichen und praktischen Arbeiten vorzüglich nur Preissteigerungen im Auge hatte.

Solche Preiserhöhungen können nun in zweifacher Weise berücksichtigt werden. Einmal können die zukünftigen höheren Preise mit einem geforderten Zinsfuss auf die Jetztzeit bezogen werden. Nehmen wir an, der Preis steige von Jahr zu Jahr um t % und er sei gegenwärtig = 1, so wird er sein nach n Jahren $1{,}0t^n$, nach 2 n Jahren $= 1{,}0t^{2n}$ etc. Handelt es sich um eine unendliche Preisreihe und ist der geforderte Zinsfuss = p, so ist die Summe aller auf die Gegenwart bezogenen Preise =

$$\frac{1{,}0t^n}{1{,}0p^n} + \frac{1{,}0t^{2n}}{1{,}0p^{2n}} + \frac{1{,}0t^{3n}}{1{,}0p^{3n}} + \cdots$$

Wir dürfen hier ohne weiteres annehmen, dass $p > k$. Unsere Summe ist alsdann =

$$\frac{1{,}0t^n}{1{,}0p^n - 1{,}0t^n}.$$

Nun kann der Preis natürlich nicht unaufhörlich um t % steigen; er müsste denn, wenn auch t noch so klein, schliesslich $= \infty$ werden. Für unsere Rechnung genügt es jedoch, wenn die Steigerung nur eine längere Reihe von Jahren hindurch anhält, da wir dann praktisch zum gleichen Ergebnis gelangen, wie bei Betrachtung der obigen einfacheren Formel. Würde, wie dies ja auch der Wirklichkeit entspricht, der Preis nicht von Jahr zu Jahr um einen gleich hohen Prozentsatz wachsen, sondern mit Schwankungen sich im Laufe der Zeit erhöhen, so liesse sich doch die ganze Reihe in die obige Form umwandeln, indem ein durchschnittliches Zunahmeprozent nach dem unten angedeuteten Verfahren berechnet wird.

Statt nun die Preise der Zukunft in die Rechnung einzustellen, kann man auch die der Gegenwart benutzen und dafür den angenommenen Zinsfuss um einen solchen Betrag etwa von p auf p_1 ermässigen, dass die Summen beider Reihen einander gleich bleiben. Es müsste dann

$$\frac{1{,}0t^n}{1{,}0p^n - 1{,}0t^n} = \frac{1}{\frac{1{,}0p^n}{1{,}0t^n} - 1} = \frac{1}{1{,}0p_1^n - 1}.$$

Hieraus ergiebt sich $\frac{1{,}0p^n}{1{,}0t^n} = 1{,}0p^n$

und $1{,}0p = 1{,}0t \,.\, 1\,0p_1$ oder

$$1+\frac{p}{100}=1+\frac{t}{100}+\frac{p_1}{100}+\frac{p_1 t}{100 . 100} \text{ und}$$

$$p-t=p_1+\frac{p_1 t}{100},$$

$\frac{p_1 t}{100}$ darf als verhältnismässig sehr klein vernachlässigt werden und wir können kurz setzen: $p_1 = p - t$.

Wenn also Preissteigerungen mit Bestimmtheit zu erwarten sind oder als genügend wahrscheinlich angenommen werden dürfen, und wenn wir diese Preiserhöhungen in der beschriebenen Weise in einem Prozente ausdrücken, so ziehen wir dieses Prozent einfach von demjenigen ab, zu welchem die in der Wirtschaft angelegten Kapitalien sich verzinsen sollen, und rechnen alsdann mit den Preisen der Gegenwart.

Die Holzpreise haben in den letzten 3 bis 6 Jahrzehnten im ganzen die Neigung zum Steigen aufgewiesen, so in den Staatswaldungen von Preussen in der Zeit 1830/80 um jährlich 1,4 %, in der Zeit 1850/80 in den Staatswaldungen[9]) von

Sachsen um jährlich	2,0 %	Bayern um jährlich	2,9 %
Braunschweig um jährlich	2,2 „	Baden um jährlich	2,6 „
Württemberg um jährlich	1,8 „		

§ 16. 3. Die Reinerträge. Nun haben sich zwar Naturalerträge und Preise erhöht, gleichzeitig sind aber auch die Kosten gestiegen, doch müssen letztere in erheblich höherem Masse wachsen als erstere, wenn eine Zunahme des Reinertrags nicht eintreten soll, da sie nur 30—50 % des Waldrohertrages ausmachen. In Wirklichkeit haben sich denn auch, da die Kosten solche Steigerungen nicht aufweisen, die Waldreinerträge in den Staatswaldungen der angeführten Länder erhöht, und zwar berechnet sich eine durchschnittlich-jährliche Zunahme in den Staatswaldungen von

Preussen	in der Zeit 1830—80	um rund	3 %
Sachsen	„ „ „ 1850—80	um	3,0 „
Braunschweig	„ „ „ „	„	2,1 „
Württemberg	„ „ „ 1853—83	„	1,3 „
Bayern	„ „ „ 1850—80	„	3,1 „
Baden	„ „ „ „	„	2,4 „ [9])

Diese Erhöhungen geben zunächst eine Rechtfertigung dafür, dass man seither für Waldwertrechnungen einen niedrigeren Zinsfuss als den „üblichen" anzuwenden empfohlen hat. Ob und welche Steigerungen von Preis und Reinertrag in Zukunft zu erwarten sind, dies lässt sich selbstverständlich nicht mit Gewissheit vorhersagen. Doch dürfen wir eine Erhöhung als sehr wahrscheinlich betrachten. Ist Deutschland bei pfleglicher Forstwirtschaft darauf bedacht, dass es marktgängiges Holz zu liefern vermag, so wird es auch dafür im Inland und im Ausland Käufer finden. Man darf wohl mit gutem Grunde annehmen, dass die Einfuhr aus jenen Ländern, welche uns heute mit Holz versorgen, in Zukunft infolge der Steigerung des eigenen Bedarfs, Erhöhung des Absatzes nach anderen Gebieten, teils wohl auch von Rodungen und von Aufzehrung der aus der Vergangenheit überkommenen Altholzvorräte sich mindern wird. Auf der anderen Seite wird in den Ländern, welche ihren Bedarf nicht durch eigene Erzeugung zu decken in der Lage sind, die Nachfrage nach Holz voraussichtlich wachsen. Insbesondere ist es nicht unwahrscheinlich, dass Nordamerika mit seiner gewaltig steigenden Bevölkerung dereinst als schätzbarer Abnehmer für deutsches Holz und deutsche Holzware auftreten wird.

Aus diesen Gründen ist es gerade vom finanziellen Standpunkte aus durchaus nicht

---

9) Vgl. Lehr, Beiträge zur Statistik der Preise etc. Frankfurt a/M. 1885. In dieser Schrift wurden die Prozente ermittelt, um welche durchschnittlich während eines bestimmten Zeitraums Preise und Erträge (Reinerträge) sich geändert haben. Für diesen Zweck wurde die Methode der kleinsten Quadrate angewandt. Da die Gleichung der Kurve $y = ab^x$ nicht direkt berechnet werden kann, so wurde dieselbe auf dem Wege der Näherung bestimmt. Zunächst wurde die Gleichung der geraden Linie ermittelt, für welche die Summe der Fehlerquadrate ein Minimum ist, dann an der Hand derselben eine Näherungsgleichung $y = a_1 b_1^x$ festgestellt und hierauf für diese die nötigen Verbesserungen von a_1 und b_1 berechnet. Dies Verfahren ist mühsam, doch ist es nicht zu umgehen, wenn wir uns vor bedenklichen Fehlern sicherstellen wollen.

ungerechtfertigt, wenn auch fortan mit einem niedrigen Zinssatze in der Forstwirtschaft gerechnet wird, wenn wir durch eine grössere Intensität die Erträge zu steigern suchen und uns bemühen, stärkere Hölzer für eine wahrscheinliche zukünftige bessere Verwertung zu erhalten.

Dürfen wir annehmen, es steige der Preis, bezw. der Reinertrag in der Art, dass nach 70 Jahren die doppelte Höhe erreicht sei, und es sei der Zins $= 3{,}5\,\%$, so hätten wir, wenn der Preis nun dauernd die gleiche Höhe behauptet, bei Unterstellung einer 70jährigen Umtriebszeit zu setzen:

$$\frac{1}{1{,}0x^{70} - 1} = \frac{2}{1{,}035^{70} - 1},$$

woraus sich ergiebt $x = 2{,}6\,\%$.

Wäre die Preissteigerung eine weiterhin anhaltende, so berechnet sich x auf 2,5 %. Würde der Preis nach 70 Jahren auf dem 1,4 fachen des heutigen stehen, also jährlich um 0,5 % steigen, so hätten wir mit 3 % statt mit 3,5 % zu rechnen.

Nun sind die Aussichten auf Erhöhung des Reinertrages nicht überall die gleichen. In Bezirken mit noch wenig entwickeltem Verkehre sind sie günstiger als da, wo die Holzpreise bereits einen hohen Stand erlangt haben und die Waldwirtschaft eine intensivere geworden ist. Kann man sich dort mit einem recht mässigen Prozente bescheiden, so wird man hier kaum unter 3 % heruntergehen.

Eine Formel, mit Hilfe deren in bequemer Weise der Betrag ermittelt werden könnte, um welchen überall der Zinssatz zu ändern wäre, gibt es freilich ebenso wenig, als eine solche in den übrigen Zweigen der menschlichen Wirtschaft zur Verfügung steht, in welchen ja auch für eine nähere oder entferntere Zukunft gesorgt werden muss. Wie hier das jedenfalls dem blinden Tasten oder der willkürlichen Entscheidung vorzuziehende gutachtliche Ermessen Platz zu greifen hat, so auch in der Forstwirtschaft, in welcher sich die Praxis überdies an dasselbe hinreichend gewöhnen konnte und auch gewöhnen musste. Denn auch die seitherige Forstwirtschaft ist, soweit sie nicht in bequemer Weise am Herkömmlichen festhielt, spekulativer Natur gewesen, wie denn in der Tat auch die heutigen Forstverwaltungen sich mit echt finanziellen Rechnungen befassen, wo solchen keine Schranken im Wege stehen. Allerdings kann die in unserem Wirtschaftsleben einmal unvermeidliche Spekulation keinen Anspruch darauf erheben, immer das Richtige zu treffen. Irrungen sind selbst bei gründlicher Kenntnis der Technik, der Absatz- und Marktverhältnisse immer möglich. Doch werden Fehler nur durch möglichst sachgemässe Erwägungen, nicht aber dadurch vermieden, dass man von aller Spekulation absieht. Selbst eine schablonenmässige Vorschrift, welche etwa dahin geht, in Waldungen mit günstigen Preisen und vorteilhafter Lage mit 3 %, in anderen, deren Absatz nach menschlichem Ermessen in Zukunft einer Besserung entgegensehen darf, mit $2^1/_2$ oder 2 % zu rechnen, wäre einer Verzichtleistung auf alles Rechnen denn doch entschieden vorzuziehen.

Im übrigen dürfte die Annahme von Preis- und Reinertragserhöhungen, wie sie oben unterstellt wurden, wohl nicht Gefahr laufen, in den Bereich kühner Einbildungskraft verwiesen zu werden, und es ist deshalb wohl die Forderung gerechtfertigt, dass im grossen Ganzen für Waldwertrechnungen ein geringerer Zinssatz als 3 % unterstellt werde. Jedenfalls aber liegt keine Veranlassung vor, mit einem höheren Prozente zu rechnen. (Bis zur Bearbeitung der 2. Auflage — 1902 — haben weitere, z. T. sehr erhebliche Steigerungen der Reinerträge in allen, vom Verfasser aufgeführten Staatsforstverwaltungen Platz gegriffen. Str.)

Mit welchem Zinsfuss später einmal zu rechnen ist, wenn weitere Rentensteigerungen als unwahrscheinlich bezeichnet werden können, bedarf als unpraktische Frage keiner näheren Erörterung. Unzweifelhaft werden die Preisverhältnisse einer späteren Zukunft (Preise von starken und schwachen Hölzern, verschiedener Holzarten) andere sein, als die der Gegenwart. Und die Unterschiede können praktisch recht gut derart sein, dass, auch wenn keine Steigerungen mehr zu erwarten sind, bei Anwendung des dann giltigen Zinsfusses allen Anforderungen der Nachfrage zur Genüge und auch mit hinreichendem Vorteil entsprochen werden kann.

§ 17. 4. Der Preis des Geldes. So bliebe nur noch zu erwägen, ob die Steigerungen des Holzpreises nicht durch ein Sinken des Preises der Edelmetalle ganz oder zum Teil aufgewogen werden. Dass der Preis von Gold, bezw. von Gold und Silber sich ändern kann und auch im Laufe der geschichtlichen Entwickelung mehrfach Aenderungen aufzuweisen gehabt hat, ist nicht in Abrede zu stellen. Dagegen fehlen bis

jetzt genügende Grundlagen, um diese Aenderungen der Vergangenheit überhaupt zu ermitteln. Doch darf man wohl sagen, dass dieselben bis jetzt vielfach bedeutend überschätzt worden sind, indem nur die Preise einzelner Güterarten in Rechnung gezogen wurden und zwar gerade solcher, bei denen wirkliche Preissteigerungen eingetreten waren [10]). Es handelt sich, sofern ein Sinken wirklich stattgefunden hat, wahrscheinlich nur um einen sehr bescheidenen Prozentsatz der jährlichen Erniedrigung. Ob ein solches Sinken auch in Zukunft statthaben wird, dafür können mehr als wenig begründete Vermutungen nicht beigebracht werden. Sollte aber wirklich der Metallpreis in dem Masse wie seither auch weiterhin sinken, so darf diese Aenderung wohl ohne Fehler praktisch ausser acht bleiben.

§ 18. 5. Anderweite Gründe für Veränderung des in der Forstwirtschaft anzuwendenden Zinsfusses. Ausser den erwähnten können noch andere Gründe, insbesondere auch solche persönlicher und moralischer Natur Veranlassung geben, sich mit einer mässigen Verzinsung zu begnügen. Dies kann der Fall sein, wenn mit dem Grundbesitz schätzenswerte Annehmlichkeiten verbunden sind, wie politische Rechte, aktives und passives Wahlrecht, Recht zur selbständigen Jagdausübung etc., wenn er mit oder auch ohne besondere Rechtsformen (Fideikommiss, Höfe-, Anerbenrecht) ganz vorzüglich geeignet ist, den wirtschaftlichen Bestand einer Familie für die Dauer zu erhalten, während flüssiges Geldkapital leicht für Zwecke des Verbrauchs verwandt oder bei Vererbungen zersplittert wird. Der Umstand, dass der Wald nur in beschränktem Masse sich zur Verpfändung eignet, fällt hier wenig ins Gewicht, da für forstliche Wirtschaftsmassregeln nur selten ein Anlehen erforderlich ist und die Möglichkeit, für persönliche Zwecke einen Wald mit Hypotheken belasten zu können, bei Erwägungen, mit welchem Zinsfusse man sich bescheiden dürfe, in Wirklichkeit wohl kaum ins Auge gefasst wird. Für Staat und Gemeinde kann dagegen der Wald auch wegen anderweiter Bedeutung einen besonderen Wert haben und deswegen Veranlassung geboten sein, auf eine sonst mögliche höhere Rentabilität zu verzichten. Diese Bedeutung kann vorwiegend in den Vordergrund treten, während die erzielte Einnahme nur als Nebenzweck erscheint, oder es braucht ihr nur ein geringeres Opfer gebracht zu werden, indem man sich mit einer niedrigeren Verzinsung begnügt [11]). Eine bestimmte Zahl lässt sich hier an der Hand etwa einer Formel natürlich ebensowenig geben, wie in allen jenen Fällen, in welchen rein persönliches Ermessen und die allgemeine Erwägung entscheiden muss. Ein für persönliche Erholung bestimmter Park kann allenfalls seinem Zwecke als Park schon dienen, wenn er lediglich vom finanziellen Gesichtspunkte aus bewirtschaftet wird. Mit einigen Opfern für Anlegung von Wegen, Ruhebänken, von hübschen Aussichtspunkten etc. würde der Zweck noch vollständiger erreicht; mit weiteren Aufwendungen und schliesslich selbst mit Verzichtleistung auf jedwede Rente könnte allenfalls auch dem am weitesten gehenden Sinn für Kunst, Poesie und Naturgenuss Genüge geleistet werden. Wie hier Schranken zu setzen sind, darf nicht einseitigem Verlangen zur Entscheidung überlassen werden. Hierüber haben allseitige Erwägungen zu befinden, welche je nach dem Stande der Bildung und der wirtschaftlichen Lage zu verschiedenem Ergebnis gelangen werden.

b) Bestimmung des Zinsfusses aus anderen wirtschaftlichen Unternehmungen.

§ 19. Den Zinsfuss durch Vergleichung der Forstwirtschaft mit anderen Anlagen zu ermitteln, ist nur ausnahmsweise als rätlich zu bezeichnen. Voraussetzung hierfür wäre die Möglichkeit einer genügend genauen Abschätzung von Ertrags- und Kostensätzen, sowie von allen hier gegen einander abzuwägenden Annehmlichkeiten auf der einen und von Nachteilen auf der anderen Seite. Am nächsten liegt der Vergleich mit der der Forstwirtschaft verwandten Landwirtschaft. Abschätzungen von landwirtschaftlichem Gelände kommen zum Zwecke von Verkäufen und Erbteilungen oder im Interesse von hypo-

---

10) Meist hat man sich bei seinen Schätzungen auf ein mehr oder weniger unbestimmtes Gefühl verlassen. Auch genauere Rechnungen, die man angestellt hat, sind, weil man ein falsches Verfahren eingeschlagen hat, oder weil man nur lückiges Material benutzte, nicht zuverlässig. Mehr als ein „etwa“ oder „wahrscheinlich“ vermag die Statistik auf dem in Rede stehenden Gebiete nicht zu leisten. Vergl. Lehr, Beiträge zur Statistik der Preise. Frankfurt 1885.

11) Bereits von v. Salisch in seiner Forstästhetik, 1. Aufl., Berlin 1885, 2. Aufl. 1902, hervorgehoben.

thekarischen Beleihungen häufig vor. So liesse sich denn auch leicht ein durchschnittliches Verhältnis zwischen den jährlichen Reinerträgen und den Abschätzungssummen ermitteln. Ist die Annahme zutreffend, dass in Land- und Forstwirtschaft keine Aenderungen von Ertrags- und Kostensätzen zu erwarten sind, oder dass solche Aenderungen hier wie dort gleichmässig eintreten, so dürfte man wohl schon den Zinsfuss der Landwirtschaft auch für die Forstwirtschaft verwenden. Die verschiedenen Licht- und Schattenseiten, welche in Land- und Forstwirtschaft in höherem oder geringerem Grade sich geltend machen, wie Ertragsschwankungen, Einfachheit der Verwaltung, Möglichkeit der Verpachtung, der Beleihung u. dergl. brauchen kaum weiter bei der Bestimmung des Zinsfusses berücksichtigt zu werden. Denn entweder kommen sie in den Ansätzen für Erträge und Kosten bereits zum Ausdruck (Schwierigkeit der Verwaltung, Ertragsschwankungen) oder es handelt sich um Unterschiede, welche praktisch keinen wesentlichen Einfluss auf die Höhe des Zinsfusses ausüben (verschiedene Gefahren, insbes. in der Forstwirtschaft) oder sie haben mit wenigen Ausnahmen überhaupt keine Bedeutung (z. B. Gelegenheit zur Anwendung eigener Arbeit, welche bei kleinen landwirtschaftlichen Besitzungen wohl eine Rolle spielt, bei grösseren aber Zinsfuss und Kaufpreis ebensowenig beeinflusst, wie die Beschränktheit solcher Gelegenheit in der Forstwirtschaft). Jene Voraussetzung trifft nun nicht immer zu und es ist deshalb vorzuziehen, vom sicheren Leihzins auszugehen[12]). Der Zins der Landwirtschaft kann uns dann eine Handhabe abgeben, um zu beurteilen, welches Gewicht auf die Wahrscheinlichkeit zukünftiger Reinertragssteigerungen, Sicherheit des Grundbesitzes etc. gelegt wird, eine Beruhigung wenigstens für diejenigen, welche es nicht wagen, sich auf ihr eigenes Urteil zu verlassen.

c) Bestimmung des Zinsfusses aus stattgehabten Verkäufen.

§ 20. Unter Umständen könnte man auch die Ergebnisse benutzen, zu welchen andere in der Waldwirtschaft gelangten, und zwar, wenn der von denselben unterstellte Zinsfuss nicht bekannt ist, den letzteren aus Reinertrag und Kaufpreis berechnen. Voraussetzung hierfür wäre jedoch, dass die anderen Waldungen, welche zum Vergleiche dienen sollen, in der gleichen wirtschaftlichen Lage sich befinden, wie die eigenen (Aussicht auf Reinertragssteigerungen) und dass eine genügend grosse Zahl von Verkäufen vorgekommen wäre, so dass persönliche Irrungen und Besonderheiten in der Durchschnittsrechnung ihre Bedeutung verlieren würden.

Wären nackte Böden in gleicher Lage verkauft worden, könnte man die gegendüblichen Wirtschaftserträge und Kosten hinreichend genau bestimmen und wäre der Kaufpreis = k, so hätte man zu setzen:

$$k_1 = \frac{A^u + D_k 1{,}0p^{u-k} - C\,1{,}0p^u}{1{,}0p^u - 1} - V,$$

aus welcher Gleichung p sich durch Näherung bestimmen lässt.

Einfacher gestaltet sich die Rechnung, wenn ein normal bestockter Wald in Frage käme, d. h. ein solcher, welcher auf Grund vorhandener Vorräte jährlich gleiche Bezüge in Aussicht stellt. Man hätte dann zu setzen:

$$k_1 = \frac{A_u + D_k - C}{0{,}0p} - V.$$

Allerdings werden diese Verfahren nur selten Anwendung finden können, weil die genannten Voraussetzungen gewöhnlich nicht erfüllt werden. Insbesondere werden verkaufte Waldungen nicht normal bestockt, bald werden Ersparungen erforderlich sein, bald Ueberschüsse zur Verfügung stehen. Dazu kommt, dass die Zahl der Besitzveränderungen bei Waldungen nicht gross zu sein pflegt.

3. Die Rechnung ohne Bestimmung eines Zinsfusses.

§ 21. In der forstlichen Litteratur hat auch die Ansicht Vertretung gefunden, als ob für Zwecke der Waldwertrechnung, insbesondere für Bestimmung der Abtriebsreife überhaupt nicht ein von vornherein zu bestimmender Zinsfuss unterstellt zu werden brauche; man müsse nur suchen, die höchst mögliche Verzinsung der angelegten Kapitalien zu er-

---

12) Ganz in Uebereinstimmung mit den Ausführungen von Dr. Stoetzer in der Allg. Forst- und Jagd-Zeitung von 1884 S. 16.

zielen[13]). Nun müssen aber doch diese Kapitalien (Grösse des Vorrats, Boden) selbst erst festgestellt werden, und hierzu bedarf man eines Zinsfusses. Die Bestimmung desselben lässt sich überhaupt nicht umgehen, wenn man Summen mit einander vergleichen will, welche nicht zu gleicher Zeit vereinnahmt oder verausgabt werden. Bei einzelnen Rechnungsverfahren freilich wird ein Zinsfuss formell nicht eingestellt, doch steckt er alsdann verhüllt in der Rechnung, bezw. in den Voraussetzungen für dieselbe. So braucht man z. B. in die Formel des Weiserprozentes selbst, sobald keine Zwischennutzungen mehr zu erwarten sind, einen Zinsfuss nicht einzustellen, doch hat die Verwendung jener Formel die Bestimmung des letzteren zur Voraussetzung. Stellt man die Umtriebszeit nach dem Maximum der durchschnittlich-jährlichen Verzinsung fest, so bedarf man, zumal wenn von den Zwischennutzungen abgesehen werden kann, scheinbar überhaupt keines Zinsfusses. In Wirklichkeit ist derselbe aber von vornherein durch die Grössen fest bestimmt, welche in die betreffende Formel eingesetzt werden. Sind diese Grössen so bemessen, dass wir keinen Verlust erleiden, so kommen wir eben auf jenen Zinssatz, welcher zur Berechnung derselben diente. Sind dieselben aber nicht berechnet, sondern gutachtlich eingeschätzt, so umgehen wir zwar die Zinsfussbestimmung, doch können unsere Ergebnisse nur befriedigen, wenn die Schätzung mit der richtigen Rechnung übereinstimmt. Auch in diesem Falle ist der Zinsfuss scheinbar auf die Seite geschoben.

VII. Die Kapitalien der Waldwirtschaft.

1. Der Boden.

§ 22. Die Waldwertrechnung betrachtet den Boden ebenso als ein Kapital wie alle übrigen sachlichen Hilfsmittel des Wirtschaftsbetriebs. Wir bewirtschaften den Boden in der Absicht, Erträge von demselben zu erzielen; weil er hierfür tauglich ist und insoweit er einen Nutzen verspricht, wird er geschätzt, gekauft, beliehen u. dgl. Die Frage, ob er auch in sozialpolitischer und rechtlicher Hinsicht anderen Wirtschaftsgegenständen gleichgestellt ist oder ihnen nicht gleichgestellt werden dürfte, ist hier ebensowenig von Belang wie der Umstand, dass der Boden nicht wie Maschinen, Fabriken etc. ganz oder zum Teile Arbeitserzeugnis ist.

Die Grösse des Kapitales, welches der Boden darstellt, ist nach den von demselben in Aussicht gestellten Erträgen zu bemessen. Für bestimmte Zwecke kann allerdings auch die Summe von Bedeutung sein, welche ausgegeben wurde, um den Boden zu erwerben und ihn in kulturfähigen Zustand zu versetzen, insbesondere aber auch als einfaches die Schätzung umgehendes Mittel die Summe, zu welcher andere Böden für Zwecke des Verkaufs, der Besteuerung etc. bereits bewertet wurden.

a. Die Bemessung des Bodenkapitals nach den vom Boden zu erwartenden Erträgen.

§ 23. *α.* Der Begriff der Bodenrente. Als Bodenrente oder Reinertrag des Bodens bezeichne ich den Unterschied zwischen dem Rohertrag, der vom Boden gewonnen wird, und denjenigen Produktionskosten, welche zur Darstellung jenes auf die Bewirtschaftung des Bodens zu verwenden sind. — Die wirklichen Kosten der Vergangenheit kommen hierbei nicht in Betracht. Dieselben sind wohl zu verrechnen, wenn tatsächlich erzielte Wirtschaftserfolge ermittelt werden sollen, auch können sie für die wirtschaftliche Lage des Besitzers von hoher Bedeutung sein und auf dessen ganzen Wirtschaftsbetrieb lähmend einwirken, doch dürfen sie auf die Bestimmung der künftigen Wirtschaft, auf Bemessung der Grundsteuer, Festsetzung von Verkaufspreisen u. dgl. keinen Einfluss ausüben. Als Kosten und Erträge kommen durchschnittliche in Anrechnung, insbesondere durchschnittliches Wirtschaftsgeschick, durchschnittlicher Fleiss, durchschnittliche Bewirtschaftungsart etc. Die Rente ist dann jene Summe, welche im Durchschnitt jedermann

---

13) Bretschneider in der österr. Forstzeitung Nr. 2 vom 11. Jan. 1884, ähnlich auch Wagener, Regelung d. Forstbetriebs. 1875. S. 277, Schiffel, Zur forstl. Ertragsregelung 1884.

(Bewohner der betr. Gemarkung) erzielen, die man als Pachtschilling vom Pächter fordern und welche für die Kapitalisierung bei Ermittelung von Kaufpreisen benutzt werden kann. Bezieht ein Besitzer oder Pächter mehr als diese Summe, indem er es vorzüglich versteht, günstige Konjunkturen auszunutzen, oder indem ihm sonstige echt persönliche Vorteile zugutekommen, so ist der Ueberschuss als Gewerbsverdienst, Unternehmergewinn, Unternehmerlohn etc. zu verrechnen. Erzielte Gewinne nehmen den Charakter der Rente an, sobald sie vom Boden auf Grund seiner Beschaffenheit und allgemeiner sozialer Verhältnisse gezogen werden. Ist es auch schwer, hier in der Wirklichkeit eine zutreffende Grenze zu ziehen, da die Begriffe des Allgemeinen und des Besonderen praktisch überhaupt nicht scharf zu scheiden sind, so bildet eben doch die richtige Rentenermittelung nicht allein ein interessantes Kapitel der Theorie, sondern auch eine wichtige Aufgabe der Praxis. Schwierigkeiten, welche hier die Landwirtschaft bietet, (Lage des Hofes, Hof-, Dorfsystem, persönliche Tüchtigkeit etc.) treten in der Forstwirtschaft übrigens wenig oder gar nicht hervor.

Ist der Boden mit Steuern, Servituten, Hypotheken belastet, so werden Teile der Bodenrente an andere (Staat, Gemeinde, Berechtigte) entrichtet. Der Eigentümer des Bodens rechnet solche Lasten unter seine Kosten. Bei einem Verkaufe würden sie in entsprechendem Betrage von der kapitalisierten Rente in Abzug zu bringen sein. Aber auch bei Bestimmung der für den Eigentümer vorteilhaftesten Bewirtschaftungsweise können sie einen Einfluss ausüben, wenn sie nämlich nicht konstant, sondern je nach der Art der Wirtschaft veränderlich sind (z. B. Abzüge vom Rohertrage in Prozenten desselben oder, bei der Forstwirtschaft, auch in feststehenden Beträgen). Auch die Zinsen von Ankaufspreisen werden unter den Kosten gebucht, insoweit der Käufer sich darüber vergewissern will, ob das Geschäft für ihn vorteilhaft war oder nicht. Bei Bestimmung der besten Wirtschaft aber spielen sie weiter keine Rolle. Auch dürfen sie zur Bemessung der Bodenrente nicht in Abzug gebracht werden. Bei dem Verkaufe tritt einfach der Käufer an die Stelle des Verkäufers und umgekehrt. Der Käufer zog seither Zinsen aus irgend welcher Quelle, der Verkäufer die Rente. In Zukunft bezieht jener die Rente und dieser die Zinsen, ob durch Verleihung oder in anderer Weise, dies bleibt sich für unsere Frage gleich[14]).

Sind die Bewirtschaftungskosten höher als die Erträge, so ist die Wirtschaft mit Verlust verknüpft. Dieser Verlust kann allenfalls dadurch verdeckt werden, dass der Wirtschafter, durch persönliche Verhältnisse begünstigt, mehr erzielt oder dass er sich mit geringerer Vergütung für erfolgte Aufwendungen bescheidet, die Rente ist aber dann immerhin eine rechnungsmässig negative, der Boden vergütet nicht alle Aufwendungen, er ist als eine Art zehrendes Kapital („Unkapital") zu betrachten. Würden im allgemeinen für die Dauer negative Bodenrenten erzielt, so wäre dies ein Zeichen ungesunder unhaltbarer Zustände; sind aber in einzelnen gegebenen Fällen die Erträge zu niedrig, die Kosten zu hoch, so ist Aenderung der Wirtschaft oder Verkauf am Platze, oder der Boden bleibt am besten unbestellt, sofern eben nicht der Eigentümer in seiner wirtschaftlichen Selbständigkeit oder in anderen Genüssen eine zureichende Vergütung für gebrachte Opfer erblickt. Dass übrigens anderweit nicht verwendbare Kräfte und Mittel nicht voll oder überhaupt nicht unter die Kosten zu stellen sind, und dass demnach ein Grundeigentümer sein Gelände mit Vorteil bebauen kann, während dasselbe für andere eine Quelle des Verlustes sein würde, braucht hier nicht weiter betont zu werden.

Unter die Kosten sind auch die Aufwendungen zu rechnen, welche für dauernde Erhaltung des Bodens in wirtschaftlich brauchbarem Zustande erforderlich sind (z. B. Düngung). Wird der Boden durch die Wirtschaft dagegen allmählich erschöpft und vollständig aufgebraucht, so würde die Rente nur eine zeitlich begrenzte sein und Kapitalteile umschliessen. In der Forstwirtschaft ist eine solche Gefahr weit weniger zu be-

---

14) In der Monatsschrift für Forst- und Jagdwesen von 1872, dann in dem oben angeführten Werke S. 35 und 44 bemerkt Baur mit Berufung auf Schmoller, der Verkäufer beziehe in den Zinsen des ihm bezahlten Bodenkapitals die Rente fort, während der neue Waldbesitzer seine Wirtschaft zunächst ohne Bodenrente beginne. Richtig ist, dass das Kaufgeschäft zunächst keinen Gewinn abwirft. Dagegen fliesst die Rente voll in die Taschen des jetzigen Besitzers, sofern er nicht Teile derselben an Dritte (Gläubiger etc.) abgiebt. Darum braucht auch der neue Besitzer sich nicht erst eine Rente zu erwirtschaften; sondern er erwirtschaftet sich erst einen Gewinn, bezw. er erzielt einen solchen in jeder Rentenerhöhung.

fürchten als in der Landwirtschaft. Der Zeitpunkt einer Erschöpfung der Bodenkraft ist, auch ohne dass ein Wiederersatz durch künstliche Düngung stattfindet, so weit hinausgeschoben, dass, von Ausnahmen abgesehen, ganz allgemein der Unterschied zwischen Erträgen und Kosten als Rente betrachtet werden darf.

Bei der oben dargelegten Auffassung ist als Rente dasjenige anzusehen, was der Boden in seinem gegebenen Zustande abwirft. Unter die Kosten sind nur die zukünftigen Wirtschaftsaufwendungen, seien es solche für den laufenden Betrieb oder seien es solche für Durchführung von Verbesserungen, zu rechnen. Dies rechtfertigt sich für Zwecke der Besteuerung, der Preisbemessung beim Verkaufe, wie auch für alle Fälle, in welchen es sich um Bestimmung einzuhaltender Wirtschaftsverfahren handelt. Nun wird aber auch vielfach im engsten Anschluss an die bekannte Definition Ricardos die Rente lediglich als Erzeugnis der natürlichen ursprünglichen Fruchtbarkeit des Bodens aufgefasst, wie sie bei den jetzigen sozialen Verhältnissen gezogen werden kann. Hiernach würde vom Reinertrage, wie ihn der Boden in seinem vorliegenden Zustande abwirft, noch der Zins der früher für Verbesserungen aufgewandten Kapitalien, und zwar folgerichtig der wirklichen Aufwendungen, in Abzug gebracht werden müssen. Umgekehrt wären auch die inzwischen stattgehabten Verschlechterungen zu berücksichtigen. Diese Ausscheidung hat eine Berechtigung, wenn es gilt, zu untersuchen, welcher Teil des Reinertrags als Folge früherer Leistungen der Grundbesitzer bezeichnet werden darf, um auf diese Weise eine soziale Rechtfertigung des Grundeigentums herbeizuführen. Im übrigen ist sie nicht allein zwecklos, sondern auch praktisch unmöglich, da heute gar nicht mehr ermittelt werden kann, was alles früher für Verbesserungen des Bodens, Wegebau u. dgl. geschehen ist, ja häufig wäre eine solche Aufrechnung geradezu verkehrt. Für Bestimmung des Kaufpreises, der Besteuerung, der Art des Wirtschaftsbetriebes sind die früheren Aufwendungen nicht allein gleichgültig, sondern es kann ihre Berücksichtigung geradezu zu falschen, unvorteilhaften Ergebnissen führen.

Rau macht einen Unterschied zwischen empfundener und ausbedungener Rente, indem er als empfundene Rente die Summe bezeichnet, welche man bei eigener Bewirtschaftung erlangt, als ausbedungene diejenige, welche man bei der Verpachtung vom Pächter erhält. Der Pachtschilling würde allerdings, wenn er richtig bemessen ist, gleich der Bodenrente sein. In anderen Fällen könnte man ihn wohl als ausbedungene Rente, nicht aber als ausbedungene Bodenrente bezeichnen.

§ 24. Ursache der Rentenbildung ist nach physiokratischer Auffassung, welcher auch die Begriffsbestimmung Ricardos, keineswegs aber die Ausführung seiner Theorie entspricht, die natürliche Fruchtbarkeit des Bodens. Die Ergiebigkeit des Bodens kann freilich von grosser Bedeutung für Entstehung und Höhe der Rente sein, doch ist sie nicht allein ausschlaggebend. Andere führen die Rentenbildung zurück auf die monopolistische Stellung des Eigentümers, ohne welche keine Ueberschüsse erzielt werden könnten, sondern die Früchte zum „natürlichen Preise“, den Kosten verkauft werden müssten. Die Anschauung, als ob es überhaupt einen natürlichen Preis im genannten Sinne geben könne, ist indessen gar nicht zutreffend. Es ist schlechterdings unmöglich, dass die Preise aller Güter gleich den Kosten der Erzeugung sind, oder es müsste denn auf ein und demselben Markte die gleiche Gütergattung zu den verschiedensten Preisen, die schlechtere oft zu höheren als die bessere, verkauft werden. Und durch Aufhebung des Eigentums würde keineswegs auch die Rente unbedingt in Wegfall kommen, denn unter sonst gleichen Umständen würde doch immer der bessere Boden auch der Gemeinde oder dem Staate mehr abwerfen als der schlechtere. Ergiebt der eine bei a Arbeitstagen m hl, der andere weiter abgelegene geringere bei 2 a Arbeitstagen nur m-n hl, so wird offenbar eine Rente bezogen. Allerdings liegt auch der angeführten Anschauung etwas Wahres zu Grunde. Sind bessere Böden nur in beschränktem Masse vorhanden und ist man deswegen genötigt, auch schlechtere zu bebauen, so wird infolge dieser Beschränktheit der Preis steigen müssen, und es wird sich Rente bilden. Auch kann, ohne dass gerade noch schlechteres Gelände vorhanden ist, der Eigentümer als solcher auf Grund seiner durch den Grundbesitz bedingten Machtstellung Renten ziehen (gar nicht oder zu gering vergoltene Arbeitskräfte, Leibeigenschaft, Schollenpflichtigkeit).

Nach einer dritten Auffassung (Carey, Bastiat, M. Wirth u. a.) giebt es keine Rente, sondern alles, was der Grundeigentümer bezieht, ist ein Ergebnis jetziger und früherer Aufwendungen von Arbeit und Kapital. Diese gegen die sozialistische Bekämpfung des Grundeigentums gekehrte Darstellung entspricht nicht der Wirklichkeit, wenn ja auch mancher heutige Rentenbezug früheren Leistungen der Grundbesitzer zu verdanken ist.

Nur als eine Wunderlichkeit möge auch die Ansicht angeführt werden, als ob die Rente der Zinsfähigkeit des zum Ankaufe eines Bodens hingegebenen Kapitales zu verdanken sei. Ein Kapital, welches Zinsen trägt, wird doch lediglich deswegen für den Boden hingegeben, weil letzterer bereits eine Rente abwirft oder in Aussicht stellt, keineswegs aber bildet sich eine Rente infolge davon, dass man den Boden kauft.

Am meisten verbreitet ist die Ansicht, nach welcher die Rente ein Ergebnis der Verteilungsverhältnisse (Besitz, Einkommen, örtliche Verteilung der Bevölkerung etc.) und der Verschiedenheit in Lage und Beschaffenheit des Bodens sei. Unter sonst gleichen Umständen wirft der bessere Boden eine höhere Rente ab als der schlechtere, der dem Wirtschaftshofe oder dem Absatzgebiete näher gelegene Boden ist günstiger gestellt als der entferntere, Entwickelung der Industrie und Zunahme der Bevölkerung können zu Preissteigerungen und gleichzeitig zu Erniedrigung der Kosten führen, der bessere, näher gelegene Boden wird mit Vorteil intensiver bewirtschaftet und infolge dessen kann er auch eine verhältnismässig höhere Rente abwerfen u. s. w. Nach der Ricardo'schen Darstellung erzielt man auf dem schlechtesten noch zum Anbau nötigen Boden keine Rente und die Rente eines besseren Bodens ist gleich dem Ertrags- oder Kostenunterschiede zwischen diesem und dem schlechtesten Gelände. Notwendig ist es nicht, dass auf gegebenem Gebiete der schlechteste Boden keine Rente ergiebt; auf einer Insel z. B. könnte jedes Grundstück eine solche gewähren; auch ist die Rente wegen der Ungleichheit in der Intensität der Bestellung nicht gerade genau gleich dem Ertrags- oder Kostenunterschied. Doch verdiente die Ricardo'sche Theorie wegen solcher Verbesserungen und Ergänzungen keineswegs den Tadel, der ihr früher zuteil geworden ist und der in verkehrter Weise dahin ging, die ganze Lehre für unzutreffend zu erklären.

Die gelegentlich in der forstlichen Litteratur geäusserte Ansicht, als ob die Ursachen, denen die Entstehung der Rente zugeschrieben wird, und die Art, wie sich die Rente im Laufe der Zeit bildete, oder wie man sich deren Entwickelung denkt, bei heutigen Rechnungen und Wirtschaftsregelungen berücksichtigt werden müssten, ist ebenso wenig zutreffend wie die Annahme Carey's, er habe mit dem Nachweise, dass in mehreren Fällen nicht derjenige Boden, welcher heute als der bessere erscheint, sondern solcher, welcher jetzt als der schlechtere gilt, zuerst besiedelt worden sei, die Ricardo'sche Rententheorie widerlegt. Die Waldwertrechnung nimmt mit Recht die Dinge einfach so, wie sie jetzt tatsächlich vorliegen; ob die Rente ein Ergebnis der Natur, menschlicher Arbeitsaufwendungen, sinkenden Angebots oder steigender Nachfrage ist, kann für sie im übrigen gleichgiltig sein.

Kosten- und Ertragssätze sind wegen der Aenderungen in Technik, Verkehr, wie überhaupt der gesamten wirtschaftlich-sozialen Verhältnisse nicht immer gleich. Infolge dessen ist auch die Rente keine für alle Zeiten feststehende und die Bestimmung derselben mit grossen Schwierigkeiten verknüpft, ja eine planmässige, immer wirklich zutreffende Festsetzung geradezu unmöglich. Hier bleibt nichts anderes übrig, als die Rente nach bestem Ermessen auf Grund vorliegender Verhältnisse und möglicher Aenderungen so zu berechnen, dass sie als wahrscheinlich richtig angesehen werden darf.

Die Bestimmung der zukünftigen Rente ist von Bedeutung für Bemessung des Bodenpreises. Für ein Grundstück kann man ein Kapital geben, welches gleich der auf die Gegenwart bezogenen Summe aller in Aussicht stehenden Renten ist, wie dies auch Macleod (Elements S. 75) ganz richtig bemerkt hat. Die sogenannte „Bauernformel“ $k = \frac{r}{0{,}0p}$ ist denn auch in der Tat gleich der Summe einer unendlichen Rentenreihe. Man giebt k für den Boden, weil derselbe dauernd die Rente r zu gewähren verspricht. Darf man annehmen, dass die Rente sich später ändert, so hilft man sich durch Erhöhung oder Erniedrigung des der Kapitalisierung zu unterstellenden Prozentes. Roscher übersieht dies, wenn er meint, Macleod liebe die natürliche Ausdrucksweise nicht, denn der Kauf eines Grundstückes sei nichts anderes als der Eintausch desselben gegen ein Geldkapital und es hänge demnach der Kaufpreis im allgemeinen von der Höhe der Rente, verglichen mit dem Zinse des dafür hinzugebenden Kapitales ab (§ 154 seiner Grundlegung). Er hält sich hier an das Aeusserliche einer Formel, ohne die Bedeutung derselben genügend zu würdigen. Auch Dühring glaubte, man brauche nicht auf die Ewigkeit zurückzugehen, sondern es sei nur nötig, die Zinsen und, wenn die Renten nicht alljährlich eingingen, die Rentenstücke mit einander zu vergleichen. Wirft ein Kapital alljährlich einen Ertrag e ab und ein anderes alle m Jahre die Summe z, so braucht man die Vergleichung nur bis auf die

Zeit m zu erstrecken. Ist $\frac{e(1{,}0p^m - 1)}{0{,}0p} = z$, so kann man ein Kapital gegen das andere hingeben. In Wirklichkeit enthält aber unsere Formel gerade den Gedanken, welchen Dühring bekämpft. $\frac{e}{0{,}0p}$ und $\frac{z}{1{,}0p^m - 1}$ sind in der Tat Summen von unendlichen Rentenreihen. Nun ist aber auch die übrigens ganz zwecklose Befehdung der Rechnung mit unendlichen Reihen auch deswegen verfehlt, weil die Reihen sich ändern können. Man müsste wenigstens solche Zeiträume ins Auge fassen, innerhalb deren alle Aenderungen sich vollzogen haben. Auch in der forstlichen Litteratur haben sich mehrere Gegner der Reinertragstheorie bemüht, letztere durch den Hinweis auf ihre Rechnungen mit der Unendlichkeit in Misskredit zu bringen. Bei ihren eigenen Rechnungen machten sie sich jedoch, indem sie sich durch das Schlussergebnis einer Formel irre führen liessen, des gleichen Gedankens schuldig, den sie an der befehdeten Lehre als Fehler rügen. Wer dem Boden einen Wert beilegt, weil derselbe dauernd Renten in Aussicht stellt, der rechnet tatsächlich ganz in der gleichen Weise mit der Unendlichkeit, wie die Reinertragstheorie.

β. Die Bodenrente der Forstwirtschaft. In der Landwirtschaft kann die Bodenrente oft auf dem einfachen Wege ermittelt werden, dass man jährliche Erträge und Ausgaben von einander in Abzug bringt. In der Forstwirtschaft ist dies deshalb nicht möglich, weil Einnahmen und Aufwendungen nicht sämtlich alljährlich und auch nicht gleichzeitig erfolgen. Hier ist deshalb die Zins- und Rentenrechnung unvermeidlich. Man kann nun alle Ausgaben und Einnahmen rechnungsmässig in jährliche Renten verwandeln, der Unterschied würde die Bodenrente darstellen. Hierbei wird aber ganz dasselbe Verfahren eingeschlagen, wie wenn wir alle zukünftigen Kosten und Erträge auf die Gegenwart beziehen und mit dem unterstellten Zinsfuss (0,0 p) vervielfachen. Das Bodenkapital erscheint hier, wie ja auch nicht anders in der Landwirtschaft, als Summe von Renten und die jährliche Rente selbstverständlich wieder als Zins dieses Kapitales.

Aus dem angeführten Grunde spielt in der Landwirtschaft rechnungsmässig die Rente eine Rolle, in der Forstwirtschaft dagegen, sobald die genannte Multiplikation als unnötig vermieden werden soll, das Kapital. Letzteres wird gewöhnlich bezeichnet als

§ 25. γ. Bodenerwartungswert. Derselbe ist gleich der Summe aller auf die Gegenwart bezogenen in Zukunft zu erwartenden Bodenrenten oder gleich dem Unterschied zwischen dem Jetztwert aller Einnahmen, welche vom Boden gewonnen werden, und dem Jetztwert aller Kosten, welche zur Erzielung jener Einnahmen auf die Bewirtschaftung des Bodens zu verwenden sind. Selbstverständlich hat man hierbei vom nackten Boden auszugehen. Wäre der Boden bereits bestockt und würde man einfach alle von jetzt ab zu erwartenden Einnahmen und alle in Zukunft bevorstehenden Ausgaben in Betracht ziehen, so würde man nicht das Bodenkapital allein, sondern eine Summe berechnen, welche Boden und Bestand zusammen darstellen.

1. Die übliche Formel. In derselben wird die Umtriebszeit mit u, das der Rechnung unterstellte Prozent mit p bezeichnet.

I. Die Einnahmen der Forstwirtschaft gehen fast ausschliesslich mit langen Unterbrechungen, nur sehr wenige (gewisse Nebennutzungen) alljährlich ein. Die vornehmste Einnahme wird am Schluss eines Wirtschaftsumlaufs (Turnus, Umtriebszeit) erzielt. Dieselbe ist der

a) Haubarkeits- oder Abtriebsertrag, welcher gewöhnlich mit A (Abtrieb), wohl auch mit H (Haubar) bezeichnet wird. Ein diesem Buchstaben beigefügter Index deutet das Alter des Bestandes an. Allgemein bedeutet A_x den aus dem Abtrieb eines xjährigen Bestandes zu erzielenden Erlös. Die auf die Gegenwart bezogene Summe der alle u Jahre eingehenden Abtriebserträge ist =

$$\frac{A_u}{1{,}0p^u} + \frac{A_u}{1{,}0p^{2u}} + \frac{A_u}{1{,}0p^{3u}} + \ldots = \frac{A_u}{1{,}0p^u - 1}.$$

b) Zwischennutzungen. Dieselben gehen teils in Gestalt von Durchforstungen (D), teils in Gestalt von Nebennutzungen (N), teils alljährlich, teils perio-

disch, meist je nur einmal zu bestimmter Zeit (z. B. Durchforstungen) ein. Auch die verschiedenen Durchforstungen werden je durch einen Index näher bezeichnet.

D_a, D_b, D_c etc. sind Durchforstungserträge, welche zur Zeit a, b, c etc. eingehen. Allgemein wird fortan D_k als figürlicher Vertreter sämtlicher Durchforstungen bezeichnet. D_a bedeute die auf die Zeit a bezogene Summe aller Durchforstungen, welche vor dem Jahre m D_n die auf das Jahr n bezogene Summe aller Durchforstungen, welche nach der Zeit m bis zum Eintritt des Abtriebs eingehen.

Der erste Durchforstungsertrag D_k ist nach k Jahren zu erwarten, von da ab geht er alle u Jahre ein. Die Summe derselben ist demnach gleich

$$\frac{D_k}{1{,}0p^k} + \frac{D_k}{1{,}0p^k(1{,}0p^u - 1)} = \frac{D_k\, 1{,}0p^{u-k}}{1{,}0p^u - 1}.$$

Gehen Zwischennutzungen während einer Umtriebszeit öfter ein, so kann man dieselben erst alle auf einen gemeinschaftlichen Zeitpunkt beziehen und dann die Summe wie die Haubarkeitsnutzung oder die Durchforstungen behandeln. Werden die Nutzungen (N), wie Harz, Weide, Mast, Jagd alle a Jahre im ganzen n mal bezogen und zwar die erste nach m Jahren, so ist die ganze Summe, bezogen auf das Jahr m + an gleich $\frac{N(1{,}0p^{an} - 1)}{1{,}0p^a - 1}$.

Dieselbe würde auf die Zeit u zu prolongieren und dann wie die Haubarkeitsnutzungen zu behandeln sein. Wir erhalten

$$\frac{N(1{,}0p^{an} - 1)\,1{,}0p^{u-m-an+a}}{(1{,}0p^a - 1)(1{,}0p^u - 1)}.$$

Für a = 1, m = 1 und n = u erhalten wir die Summe einer ewigen jährlichen Rente.

Ist n klein, so wird das Rechnungsverfahren ein einfacheres, wenn jede einzelne Nutzung auf das Ende der Umtriebszeit bezogen und dann dem Haubarkeitsertrage zugezählt wird.

Im Schema selbst werden die Nebennutzungen so behandelt, als seien sie alle auf das Jahr k bezogen und mit den übrigen Zwischennutzungen vereinigt; bezw. die Formel $\frac{D_k\, 1{,}0p^{u-k}}{1{,}0p^u - 1}$ gilt als Beispiel dafür, wie alle einzelnen Zwischennutzungen zu verrechnen sind.

c) Sind die Erträge verschieden, etwa in der ersten Umtriebszeit nicht normal, so ist selbstverständlich die Rechnung dementsprechend einzurichten. Geht z. B. nach a Jahren eine Durchforstung d ein, dann alle u Jahre der Ertrag D_a, so hätten wir

$$\frac{d}{1{,}0p^a} + \frac{D^a}{1{,}0p^a(1{,}0p^u - 1)}.$$

II. Die Ausgaben.

§ 26. a) Für die Ernte. Die Ausgaben für Fällung und Rücken erfolgen gleichzeitig mit dem Eingang der Naturalerträge. Statt dieselben besonders zu verrechnen, werden sie einfach vom Preise der Produkte in Abzug gebracht, indem in den üblichen Formeln kurz ein Buchstabe (A_u, D_a, D_k etc.) gesetzt wird, unter dem dann der sog. „erntekostenfreie" („erntefreie") Ertrag zu verstehen ist. Als Preise werden die sog. „Waldpreise" in Anrechnung gebracht, d. h. die Summe, welche am Erzeugungsorte gezahlt wird. Dies geschieht schon aus dem Grunde, weil das Holz hier gewöhnlich verkauft wird und die Abfuhr dem Käufer überlassen bleibt. Besorgt dagegen die Forstverwaltung selbst die Abfuhr (etwa nach einem Lagerplatz), so sind von dem hier erzielten Preise (Marktpreis) noch die Transportkosten in Abrechnung zu bringen.

b) Die Kosten für die Gelderhebung können in gleicher Weise verrechnet werden, sobald dieselben nach Prozenten der Roheinnahme bemessen sind. Sind

sie in fester Summe ausgeworfen, so hat man sie wie die sog. Verwaltungskosten zu behandeln.

c) Die Kulturkosten sind zum ersten male sogleich und dann alle uJahre zu verausgaben. Ihre Summe ist demnach, wenn wir die einmaligen Kosten mit c bezeichnen, $= \frac{c\,1{,}0p^u}{1{,}0p^u - 1}$. Sind bei einem neu aufzuforstenden Gelände die ersten Kosten höher als die späteren, indem etwa die erste Kultur mit grösseren Schwierigkeiten verbunden ist, oder indem fortan die nur durch einige billige Nachbesserungen unterstützte natürliche Verjüngung möglich wird, so hätten wir, wenn die ersten Kulturkosten $= c_1$, die späteren $= c$ gesetzt werden, im ganzen $c_1 + \frac{c}{1{,}0p^u - 1}$. Es ist wohl auch die Forderung aufgestellt worden, die Kulturkosten rechnungsmässig den Erntekosten ganz gleich zu stellen, weil der Abtrieb eine Verpflichtung zur Wiederkultur bedinge. Eine Ausführung der Rechnung nach diesem Prinzip läuft genau auf dasselbe Resultat hinaus, welches sich ergiebt, wenn wir den Abtriebsertrag als Einnahme unverkürzt lassen, sodann aber die alle u Jahre sich wiederholenden Kulturkosten für sich berechnen und in Abzug bringen. Im letzteren Falle erhalten wir $\frac{A_u - c\,1{,}0p^u}{1{,}0p^u - 1}$, im erstern hingegen $\frac{A_u - c}{1{,}0p^u - 1} - c = \frac{A_u - c - c\,.\,1{,}0p^u + c}{1{,}0p^u - 1} = \frac{A_u - c\,1{,}0p^u}{1{,}0p^u - 1}$, mithin völlige Uebereinstimmung.

d) Die tatsächlichen Aufwendungen für Betrieb, Verwaltung und Schutz, gewöhnlich kurz als Verwaltungskosten zusammengefasst, sind zwar nicht in allen einzelnen Jahren, während deren der Bestand heranwächst, gleich hoch. Während der Kultur, sowie dann, wenn die Holzpflanzen nutzbar werden, insbesondere aber bei der Ernte wird die Tätigkeit von Verwaltungs- und Schutzbeamten in höherem Grade in Anspruch genommen als in der übrigen Zeit. Nun ist aber eine ganz genaue Verteilung der Kosten auf die einzelnen Jahre schwer, ja in Wirklichkeit kaum ausführbar. Dann kann für Zwecke des regelmässigen Betriebs das Verwaltungs- und Schutzpersonal nicht beliebig vermehrt oder vermindert werden. Endlich aber ist es praktisch ohne Bedeutung, ob die Verwaltungskosten in jährlich gleichen Beträgen auf die ganze Umtriebszeit verteilt werden, oder ob man in den ersten und letzten Jahren derselben eine verhältnismässig grössere Summe in Anrechnung bringt. Tritt bei ausserordentlichen Ereignissen eine Verstärkung des Personales ein, so können die hierfür erforderlichen Aufwendungen auch für den gegebenen Fall verrechnet werden. Sind die jährlichen Kosten gleich v, so ist die Gesamtsumme derselben $= \frac{v}{0{,}0p}$ welche kurz $= V$ gesetzt zu werden pflegt.

e) Die Steuern können zum Teil unter die Wirtschaftskosten gestellt werden, soweit sie nämlich erforderlich sind, um dem Walde staatliche Pflege und Schutz angedeihen lassen zu können. (Eigentliche Grundsteuer.) Im übrigen sind sie als Anteil am Reinertrage des Waldes zu betrachten, welchen Staat und Gemeinde ziehen. Der Waldeigentümer hat sie als solcher unter den Kosten zu verrechnen. Werden sie nach dem wirklichen Reinertrage bemessen, so würden sie einfach jeweilig von demselben in Abzug kommen. In Wirklichkeit ist dies jedoch kaum irgendwo der Fall. Meist ist die Steuer eine für lange Zeit fest bestimmte Summe (Kontingentierung, stabiles Kataster) und hat insofern auf die Art der Wirtschaft (Umtriebszeit, Betriebsart etc.) keinen Einfluss. Dagegen ist sie, weil nicht alle Einkommensquellen und alle Arten der Bodenbenutzung gleichmässig besteuert werden, für die Frage der Rodung

und des Verkaufs unter Umständen nicht ganz ohne Bedeutung. Am einfachsten werden sie unter den Verwaltungskosten mit inbegriffen. Nun kann freilich in einem gegebenen Falle eine andere Rechnung am Platze sein, oder die Steuern können überhaupt ausser Betracht bleiben. So würden die Steuern, wenn sie in einem Prozentsatze von den Erträgen erhoben werden, ebenso wie die Erntekosten gleich von diesen abzuziehen sein. Hier das Richtige zu finden, ist der praktischen Anwendung, unter Berücksichtigung der bestehenden Steuergesetzgebung eines Landes, zu überlassen.

f) Sonstige Lasten (Berechtigungen) sind ebenfalls Reinertragsanteile, die eben dem Berechtigten an Stelle des Waldeigentümers zufliessen. Letzterer hat sie trotzdem unter den Kosten zu verrechnen. Sind sie konstant, so können sie ebenso wie die Steuern mit den Verwaltungskosten zusammengefasst werden. Sie sind alsdann, soweit sie nicht der Bestimmung der Wirtschaft Schranken auferlegen, für Ermittlung des besten Wirtschaftsverfahrens ohne Einfluss, würden aber bei Bemessung von Verkaufspreisen eine Rolle spielen. Lasten, welche veränderlich, zum Beispiel von der Höhe des Rohertrags abhängig sind, müssen auch dementsprechend in Anrechnung kommen.

Ziehen wir als Haubarkeitserträge A_u und Zwischennutzungen D_k, dann als Aufwendungen für die erstmalige Kultur c_1, für die späteren c und als jährliche Kosten für Verwaltung und Schutz v_1 in Betracht, sind die (konstanten) Steuern = s, die konstanten Lasten = l und kommen vom Rohertrage q% als veränderliche Lasten in Abzug, so verbleibt dem Waldeigentümer

$$\frac{(A_u + D_k\, 1{,}0p^{u-k})(1 - 0{,}0q) - c}{1{,}0p^u - 1} - c_1 - \frac{v_1 + s + l}{0{,}0p}.$$

Diese Summe ist nicht gleich dem Bodenerwartungswert. Doch hätte der Waldeigentümer mit ihr bei Verkäufen oder bei Bestimmung der für ihn günstigsten Wirtschaft zu rechnen, insofern es sich bei letzterer nicht um konstante Grössen handelt.

Im üblichen Schema wird von den Lasten abgesehen, $c_1 = c$, $v_1 + s = v$ und $\frac{v}{0{,}0p} = V$ gesetzt. So erhalten wir denn als Formel für den Bodenerwartungswert:

$$B_e = \frac{A_u + D_k\, 1{,}0p^{u-k} - c\, 1{,}0p^u}{1{,}0p^u - 1} - V.$$

Bei dieser Gestalt der Formel erscheint D_k je von der Zeit k auf die Zeit u prolongiert. In dieser Zeit kann man sich D_k ausserhalb des Waldes zinstragend angelegt denken. Dies gab zur Anschauung Veranlassung, als ob man nun auch für diese Prolongierung ein anderes Prozent, insbesondere ein höheres als p anwenden müsse[15]). Wäre dies richtig, dann müsste dieses Prozent überhaupt eingestellt werden. Denn tatsächlich wird nicht prolongiert, sondern diskontiert. Wir haben

$$B_e = \frac{A - c}{1{,}0p^u - 1} + \frac{D_k}{1{,}0p^k}\left(1 + \frac{1}{1{,}0p^u - 1}\right) - c - V$$

und D_k erscheint uns nur als prolongiert, wenn die Formel in einer anderen Art angeschrieben wird.

§ 27. 2. Die Grösse des Bodenerwartungswerts hängt ab

I. von der Höhe der Einnahmen und Ausgaben,

II. von der Höhe des der Rechnung unterstellten Zinsfusses.

Es ist: $$B_e = \frac{A_u + \frac{D_k}{1{,}0p^k}}{1{,}0p^u - 1} + \frac{D_k}{1{,}0p^k} - c - \frac{c}{1{,}0p^u - 1} - \frac{v}{0{,}0p}.$$

---

15) Baurs Monatschrift von 1874 S. 337 ff. u. a.

Der positive Teil der Formel ist um so kleiner, je grösser p und umgekehrt. Das Gleiche gilt vom negativen Teile. Um den Zusammenhang zwischen B_e und p genauer zu erforschen, setze ich

$$B_e = \frac{A_u + D_k\, 1{,}0p^{u-k} - c\, 1{,}0p^u - \frac{v}{0{,}0p}(1{,}0p^u - 1)}{1{,}0p^u - 1}$$

oder da $1{,}0p^u = 1 + u.0{,}0p + \frac{u(u-1)}{1.2}\left(\frac{p}{100}\right)^2 + \frac{u(u-1)(u-2)}{1.2.3}\left(\frac{p}{100}\right)^3 + \ldots$

$$B_e = \frac{A_u + D_k\, 1{,}0p^{u-k} - c\, 1{,}0p^u - v\left(u + \frac{u(u-1)}{1.2}\, 0{,}0p \ldots\right)}{1{,}0p^u - 1}$$

Für $p = 0$ erhalten wir im Zähler die Formel des Waldreinertrags $A_e + D_k - c - uv$. Der Nenner ist $= 0$ und B_e ist gleich ∞. Der Bodenerwartungswert stellt alsdann nichts anderes als die Summe aller beziehbaren Waldreinerträge dar, welche, wenn auf Diskontierung und dementsprechend auf Kapitalisierung verzichtet wird, immer unendlich gross ist.

Ist $A_u + D_k - c - uv < 0$, so ist auch stets[16] $B_e < 0$. In diesem Falle wird B_e um so grösser, je grösser p und umgekehrt. Ist nun $A_u + D_k - c - uv > 0$, so ist B_e für niedrigere Zinsfüsse positiv. Für $p = 0$ ist es ∞. Mit wachsendem Zinsfuss sinkt der Bodenerwartungswert, bei einer bestimmten Höhe von p wird er gleich 0. Darauf sinkt er noch weiter, erreicht ein Minimum und nimmt dann wieder mit wachsendem p zu, um sich der Grenze $- c$ zu nähern. Ist z. B. $B_e = \frac{1000}{1{,}0p^{100} - 1} - \frac{2}{0{,}0p}$, so ist $B_e = \infty$ für $p = 0$; es sinkt mit steigendem p, wird $= 0$ für $p = 2{,}7$ und erreicht ein Minimum für $p = 4{,}75$, um dann mit weiter zunehmendem p wieder zu steigen.

§ 28. III. Die Grösse des Bodenerwartungswertes hängt ferner ab von der Zeit, zu welcher Erträge eingehen und Kosten zu verausgaben sind.

1. Sind Ausgaben zu einem bestimmten Zeitpunkt oder in einem bestimmten Zeitabschnitt zu machen, so ist der Bodenerwartungswert um so grösser, je später diese Zeit eintritt und umgekehrt.

2. Das Umgekehrte ergiebt sich unter sonst gleichen Umständen bei den Zwischen-

---

16) Das Wort „stets“ ist hier freilich mit der Beschränkung zu verstehen, dass die Grössen A_u, D_k und k auch praktische Bedeutung behaupten. Ohne diese Voraussetzung könnte recht wohl der Fall eintreten, dass der Waldreinertrag negativ, der Bodenerwartungswert dagegen bei der gleichen Umtriebszeit für eine Reihe von Zinfüssen positiv ist. Setzen wir $A = 1$, $D_k = n$, den Waldreinertrag $= -\pi$, den Bodenerwartungswert $= m$, so müsste sein

$$n = \frac{(q^u - 1)(1 + \pi + u\, m\, 0{,}0p) - u\, 0{,}0p}{u\, 0{,}0p \,.\, q^{u-k} - (q^u - 1)}.$$

k müsste, damit n nicht negativ wird, kleiner als u/2 sein. Unter dieser Voraussetzung wird aber $B_k > B_u$ und für die Umtriebszeit k würde sich dann ein positiver Waldreinertrag berechnen. Der Waldreinertrag für u Flächeneinheiten ist $= A_u + D_k - c - uv$. Für die Umtriebszeit k erhalten wir, wenn $D^k + x = A_k$, $\frac{D_k + x - c}{k} - v$ für die Flächeneinheit und $\frac{u}{k}(D + x - c) - uv$ für u Flächeneinheiten. Es versteht sich von selbst, dass die vorstehenden Erörterungen nur den Zweck haben können, die behandelte Frage theoretisch klar zu stellen, was jedoch auch für die Klarheit der praktischen Behandlung von Wert sein dürfte.

nutzungen. Je frühzeitiger dieselben bezogen werden können, um so grösser ist der Bodenerwartungswert.

3. Von besonderem Interesse ist die Höhe der Umtriebszeit. Mit derselben nehmen Haubarkeitsertrag und Zwischennutzungen zu. Die Zeit, zu welcher keine weitere Erhöhung mehr stattfindet, ja statt derselben eine Minderung erfolgt, kann hier ganz ausser Betracht bleiben. Die Grösse v ist von der Höhe der Umtriebszeit unabhängig, die Summe der Kulturkosten sinkt mit der Steigerung der letzteren. Nun wächst aber mit u auch der Diskontierungszeitraum. Die Folge hiervon ist, dass der Bodenerwartungswert nicht unbeschränkt mit Erhöhung der Umtriebszeit zunimmt. Anfangs, wenn die jugendlichen Holzpflanzen noch nicht nutzbar sind, ergiebt die Formel einen negativen Bodenerwartungswert. Letzterer steigt hierauf, wird zu einer bestimmten Zeit positiv, wächst nun weiter, erreicht ein Maximum, um dann wieder zu sinken. Allerdings ist die Bewegung keine stetige. Je nach der Zeit und der Stärke der Durchforstungen kann dieselbe beschleunigt oder verlangsamt werden. Auch ist es möglich, dass je nach Vornahme einer Durchforstung ein Maximum eintritt, wenn es versäumt wird, rechtzeitig eine weitere Durchforstung einzulegen. Dann kann durch die Preisgestaltung der Eintritt mehrerer Maxima bedingt werden. 12—16jährige Eichen können einen ansehnlichen Ertrag durch Rindennutzung abwerfen. Später ist die Rinde weniger oder gar nicht mehr brauchbar, während der Holzertrag nur in verhältnismässig geringem Masse zunimmt, der Bodenerwartungswert ist infolge dessen gesunken. Von einer gewissen Zeit ab steigt er wieder, um schliesslich ein weiteres Maximum zu erreichen. Aehnliches kann auch bei Fichten (Christbäumen, Hopfenstangen) und anderen Holzarten eintreten. Ebenso ist es möglich, dass infolge eines Lichtungshiebes, insbesondere aber infolge davon, dass für ältere Hölzer von bestimmter Stärke verhältnismässig hohe Preise gezahlt werden, der Bodenerwartungswert noch ein zweites Maximum aufweist. In solchen Fällen würde für die Wirtschaft das absolute Maximum entscheidend sein. Im übrigen aber wird meist nur ein Maximum eintreten oder es sind andere, die ausser demselben beobachtet werden, doch nur als kleine Schwankungen in einem aufsteigenden oder fallenden Verlaufe zu betrachten.

Aendern sich nun die Grössen, welche in der Formel des Bodenerwartungswertes vorkommen, so wird auch damit der Eintritt des Maximums verschoben. Derselbe erfolgt um so später, je höher die Kulturkosten und je niedriger der unterstellte Zinsfuss. Es tritt um so früher ein, je höher unter sonst gleichen Umständen die Vorerträge sind und je frühzeitiger dieselben eingehen.

§ 29. 3. Der Erwartungswert von Blössen, welche für sich bewirtschaftet werden sollen, ist in der oben dargelegten Weise zu berechnen. Hierüber besteht wohl kaum eine Meinungsverschiedenheit. Streit dagegen veranlasste die Frage, wie solche Blössen, die einer Betriebskasse eingereiht werden sollen, zu behandeln seien.

Ein Grundstück kann, infolge des besonderen örtlichen oder wirtschaftlichen Zusammenhangs, in dem es mit einem anderen oder mit einer Unternehmung überhaupt steht, wertvoller sein, als wenn es für sich benützt werden müsste. So kann allenfalls durch Erwerb eine Blösse eine vorhandene Lücke in einem gegebenen Wirtschaftsganzen passend ausgefüllt werden, sie ermöglicht eine zweckmässige Abrundung, eine verhältnismässige Minderung der Kosten für Verwaltung, Schutz, Transport etc. Nun glaubte man aber auch (z. B. in der preuss. Anleitung zur Waldwertrechnung § 9 und § 23), die einem Betriebsganzen zugefügte Blösse sei aus dem Grunde wertvoller, weil ihre Zukunftserträge gleichsam jetzt schon aus dem vorhandenen haubaren Vorrat entnommen werden könnten, und dass deswegen für eine Blösse ebensoviel gezahlt werden könne, wie wenn sie selbst normal bestockt sei. Diese Anschauung ist nicht

zutreffend. Die Blösse kann nur dann besser bezahlt werden, wenn ihre Vereinigung mit dem Betriebsganzen eine verhältnismässige Kostenminderung bewirkt, oder den Uebergang zu normaler Bestockung erleichtert. Im übrigen würden etwaige Mehrnutzungen auch ohne Zufügung der Blösse möglich sein oder sie sind überhaupt wirtschaftlich unzulässig, ja es können unter Umständen sogar durch Zufügung der Blösse die Schwierigkeiten für wirtschaftliche Regelung des Ertrags noch erhöht statt vermindert werden. Welche Sätze voll oder nur teilweise beim Erwerb von Blössen in Anrechnung kommen müssten, welche Kosten ganz ausser Betracht bleiben können, darüber lassen sich keine allgemeinen Vorschriften erteilen. Von Fall zu Fall wäre zu bestimmen, welche Aufwendungen zu ersparen, welche Mehrerträge zu erzielen sind, um die höchste bei Bemessung des Preises nicht zu überschreitende Grenze festsetzen zu können.

Praktisch wird bei Feststellung des Kaufpreises für Waldboden, welcher einem vorhandenen Wirtschaftsganzen eingefügt werden soll, vor allem eine Anrechnung der Verwaltungskosten meist unterbleiben können, da in der Regel eine Mehraufwendung an solchen mit der Erwerbung nicht verbunden ist.

§ 30. 4. Die Frage, ob die Bodenrente unter die Kosten gestellt werden dürfe, ist durchaus bedingter Natur. Oft ist sie, u. a. auch von Nationalökonomen, in nicht zutreffender Weise behandelt worden. v. Berg meinte (Staatsforstwirtschaftslehre, Leipz. 1851 S. 41): „Die Waldwirtschaft fällt in ihrer ganzen Ausdehnung einem solchen Boden anheim, welcher ohne sie eine Rente gar nicht gewähren würde, und deshalb ist das Bodenkapital für das Waldgewerbe immer niedriger zu veranschlagen als für die Landwirtschaft, ja es kann, wenn der Boden ohne Holzwuchs gar nicht benutzt werden kann, ganz ohne Wert sein.“

Wenn der Boden bei landwirtschaftlicher Benützung keine Rente ergiebt, bei forstlicher Verwendung aber eine solche abwirft, so ist er jedenfalls auch für die Waldwirtschaft nicht niedriger zu veranschlagen wie für die Landwirtschaft. Und wenn der Boden überhaupt nur durch Holzzucht ausgenützt werden kann, so ist er deswegen keineswegs wertlos. Auch U. Eggert (Zeitschrift für Nationalökonomie und Statistik von 1883) u. a. meinten, bei absolutem Waldboden sei die Rente nicht unter die Kosten zu stellen. Nun haben wir hier je nach dem Zwecke der Rechnung zu unterscheiden. Handelt es sich um die Ermittelung der Rente selbst, dann können wir dieselbe natürlich nicht unter den Aufwendungen verrechnen. Soll nun aber die beste Benützungsweise des Bodens ausfindig gemacht werden, so sind je die Maxima für die verschiedensten Erzeugnisse und Betriebsweisen zu bestimmen und einander vergleichend gegenüber zu setzen. Bei solchen Vergleichungen bringen wir allerdings eine Rente der anderen als Kosten in Anrechnung. Hierbei bleibt es sich ganz gleich, ob Weizen, Kartoffeln, Fichten, Buchen, Kiefern etc. oder ob lediglich forstliche Gewächse angebaut werden können. Verlangt der Volkswirt, dass das auch landwirtschaftlich nutzbares Gelände bei forstlicher Verwendung wenigstens die Rente abwerfe, welche die landwirtschaftliche Verwertung in Aussicht stellt, so muss er grundsätzlich auch fordern, dass die eine Holzart nur dann erzogen werde, wenn sie mindestens ebenso lohnend ist wie die andere. Zwischen bedingtem und unbedingtem Waldboden kann hier kein Unterschied gemacht werden. Unter Umständen ist sogar die Rente unter die Kosten zu stellen, wenn nur eine einzige Holzart in Betracht kommt, so in der Formel des Weiserprozentes. Wer der Sache auf den Grund geht, wird überhaupt leicht in der berührten Frage das Richtige finden.

5. Die richtige Berechnung des Bodenerwartungswertes ist mit grossen Schwierigkeiten verknüpft. Man muss von vornherein darauf Verzicht leisten, vollständige

Genauigkeit erzielen zu wollen, und hat sich damit zu bescheiden, dem erstrebten Ziele so nahe zu kommen, wie es eben unsere Kenntnisse und Hilfsmittel ermöglichen. Zunächst sind die Naturalerträge für die verschiedenen Wirtschaftsweisen nicht fest bestimmt. Unsere Ertragstafeln, auch wenn sie rein örtlicher Natur sind, enthalten Angaben, welche doch nur als wahrscheinlich oder durchschnittlich zutreffend betrachtet werden können. Ausserdem stützen sie sich nur auf bestimmt gegebene Wirtschaftsweisen, während die Zukunft die herkömmliche, oft recht schablonenmässige Technik wesentlich umgestalten kann. Dann sind Preise und Kostensätze nicht für alle Zeiten die gleichen. Dieselben können das Bestreben aufweisen, sich zu erhöhen oder zu mindern. Ebenso ist der Zinsfuss nicht unveränderlich. Wir können hier nur erreichen, was nach menschlichem Ermessen als das beste erscheint. Erachten wir eine Aenderung als unwahrscheinlich, so rechnen wir lediglich mit der einmal gegebenen Lage der Dinge; ist aber eine Aenderung als wahrscheinlich anzunehmen, so verfahren wir in der Art, wie dies auch in anderen Wirtschaftszweigen geschieht. Wir haben uns und unsere Wirtschaft dann so viel wie möglich der Wirklichkeit anzupassen. Im übrigen sind jene Schwierigkeiten nicht gerade eine ausschliessliche Eigentümlichkeit der sog. Reinertragstheorie, sie kleben der Forstwirtschaft überhaupt an, ganz unabhängig von der Richtung, welcher man huldigt und von der Methode, nach welcher man rechnet.

b. Die Bemessung des Bodenkapitals nach erfolgten Aufwendungen (sog. Bodenkostenwert).

§ 31. Die Summierung der Aufwendungen, welche erforderlich waren, um einen Boden zu erlangen oder denselben in kulturfähigen Zustand zu versetzen, hat lediglich eine Bedeutung für den Fall, dass ein tatsächlich erzielter wirtschaftlicher Erfolg ermittelt, ein erzielter Gewinn (bezw. Verlust) berechnet werden soll. Für Bestimmung der Wirtschaft selbst ist der Begriff des sog. Bodenkostenwertes nicht zu verwenden. Ob man den Boden gekauft oder geerbt hat, ob man für Durchbrechung von Ortstein grosse Summen verausgabte oder ob man den Naturboden einfach benutzen konnte, wie er eben vorlag, ist hier ohne jedwede Bedeutung. In vielen Fällen wurden überhaupt keine Kosten aufgewandt, oder die Kosten der Vergangenheit lassen sich nicht mehr ermitteln.

Uebrigens hat man in der Waldwertrechnung oft unter dem Kostenwert diejenige Summe verstanden, zu welcher der Boden durchschnittlich ausgenutzt werden kann und die darum bei jeder gegebenen Verwendung wenigstens erzielt werden müsste. Eine solche Unterstellung findet sich mehrfach in G. Heyers Waldwertrechnung, was u. a. von Baur in einer gegen dieselbe gerichteten Polemik übersehen worden ist.

c. Veranschlagung des Bodenkapitals nach den aus Bodenverkäufen erzielten Erlösen (sog. Bodenverkaufswert).

§ 32. Sind Böden von der gleichen örtlichen und wirtschaftlichen Beschaffenheit und Lage, wie derjenige, um dessen Schätzung es sich handelt, seither verkauft worden, so kann man unter den geeigneten Voraussetzungen einfach die Ergebnisse, zu welchen bereits andere gelangten, benützen. Dies wird insbesondere dann der Fall sein können, wenn die Zahl der Bodenverkäufe genügend gross ist, so dass etwaige Fehler einzelner Schätzungen und Rechnungen sich im Durchschnitt begleichen. Vorzüglich könnten die Erlöse aus anderen Verkäufen bei der Einschätzung kleiner Waldgrundstücke, zumal wenn die Erhebung der Erträge und Kosten selbst mit grossen Schwierigkeiten verbunden ist, recht gute Dienste leisten. Dagegen ist jene Erleich-

terung ausgeschlossen, wenn man annehmen darf, dass aus Irrtum oder aus irgend welchen anderen Ursachen zu hohe oder zu niedere Preise bezahlt wurden. Zwar könnte, wenn der Bedingung nicht genügt würde, dass bei den verkauften Böden die wirtschaftlichen Verhältnisse, Lage und Beschaffenheit die gleichen waren, durch entsprechende Verbesserungen nachgeholfen werden, indem man für höhere oder niedrigere Kosten für Verwaltung, Schutz, Transport etc. passende Summen für je 1 ha in Anrechnung bringt. Doch würden alsdann direkte Erhebungen meist den Vorzug verdienen. In der Wirklichkeit kommen wenig Verkäufe von Waldgrund vor; wo aber solche stattgefunden haben, da können die erzielten Erlöse immerhin als Anhalt für Schätzungen und Rechnungen benutzt werden, wie dies in der Landwirtschaft bezüglich der Kauf- und Pachtschillinge geschieht. Uebrigens braucht der verkaufte Boden nicht gerade Waldgelände zu sein.

Insbesondere können örtliche Verkaufswerte von Nichtwaldboden sehr wohl als Massstab für die bei Verkauf von Waldboden zu verlangenden Preise abgeben, wenn das zu veräussernde Gelände zu anderer als forstlicher Benutzung (z. B. zu Agrikulturzwecken, oder zu Bauterrain, bestimmt ist.

2. Der Bestand.

A. Der Einzelbestand.

a. Bemessung des Bestandeskapitales nach den bei etwaigem Abtrieb zu erzielenden Erlösen (sog. Bestandesverbrauchswert).

§ 33. Die Kenntnis des sog. Bestandesverbrauchswertes hat für die Wirtschaft grosse Wichtigkeit. Die meisten Erzeugnisse der Landwirtschaft sind zu fest bestimmter Zeit erntereif; die Hauptnutzungen des Waldes dagegen können während einer längeren Reihe von Jahren fast jederzeit geerntet werden. Es handelt sich dann in der Wirtschaft um Bestimmung des Zeitpunktes, zu welchem Hieb und Neukultur am vorteilhaftesten sind. Ferner würde der Bestandesverbrauchswert bei Bemessung von zu gewährenden Entschädigungen eine Rolle spielen, sobald derselbe, weil der Bestand dem Bezugsberechtigten verbleibt, von der zu gewährenden Summe in Abzug zu bringen ist. Die Bestimmung der Massen und insbesondere der einzelnen Sortimente hätte auf Grund wirklicher Erhebungen, an der Hand von Ertragstafeln etc. nach den bekannten einfachen Verfahren zu erfolgen. Grössere Schwierigkeiten würde oft die Preisbemessung bieten, da hier nicht allein auf die augenblickliche Gestaltung der Marktverhältnisse, sondern auch darauf Rücksicht zu nehmen ist, ob und zu welchem Preise etwa eine grössere Menge Holz abgesetzt werden kann. Ist die Menge des zu verkaufenden Holzes verhältnismässig klein, so dass ein Preisrückgang nicht zu befürchten ist, so können einfach die augenblicklichen Marktpreise in Rechnung gestellt werden. Dies wird um so mehr möglich, je entwickelter die Verkehrsverhältnisse sind. Verfehlt dagegen wäre die Rechnung, wenn man die derzeitigen normalen Preise für grössere Massen zu Grunde legen wollte, welche nur in beschränkter Menge zu solchem Preise verwertbar sind. Bei einem bereits eingeführten regelmässigen Betrieb kommen die gedachten Schwierigkeiten weniger in Frage, das jugendliche Holz wird einfach nicht abgetrieben, das erntereife aber kann regelmässig zu normalem Preise abgesetzt werden. Anders ist es, wenn es sich bei vorzunehmenden Rodungen, Bestandsumwandlungen, Vorratsminderungen um den Verkauf verhältnismässig grosser Mengen handelt. Alsdann müsste, und zwar um so mehr, je kleiner das Absatzgebiet, je weniger entwickelt das Transportwesen, die Möglichkeit einer Preiserniedrigung in Rücksicht gezogen werden. Dieselbe mathematisch scharf zu berechnen, ist freilich unmöglich. Hier hat, wie in vielen Fällen des praktischen Lebens, die sachverständige

Schätzung Platz zu greifen, wie sie allerdings nur bei genügender Fühlung mit dem Markte zu erwarten ist.

In den ersten Jahren nach der Bestandesbegründung ist der Bestandesverbrauchswert meist negativ; die Kosten für Ernte, bezw. für Transport übersteigen den zu erhoffenden Erlös. Wenn trotzdem unter Umständen geerntet wird (Ausjätung, Durchforstungen), so geschieht dies mit Rücksicht auf den verbleibenden Bestand; die Nutzung hat den Zweck der Bestandespflege. Mit zunehmendem Alter steigt der Bestandesverbrauchswert und zwar mit Schwankungen, wenn von Zeit zu Zeit Durchforstungen eingelegt werden. Nachdem ein Wendepunkt (Zeit, in welcher der laufende Zuwachs kulminiert) eingetreten, wird das weitere Wachstum mehr und mehr verlangsamt, bis endlich ein Maximum erreicht wird. Infolge von natürlichen Auslichtungen und Verringerung der Brauchbarkeit des älteren Holzes beginnt jetzt der Bestandesverbrauchswert zu sinken.

b. Die Bemessung des Bestandeskapitales nach den von demselben bei späterem Abtrieb zu erwartenden Reinerträgen (sog. Bestandeserwartungswert).

§ 34. Der m-jährige Bestand stellt noch eine Reihe von Zwischennutzungen und schliesslich im Jahre u den Abtriebsertrag A_u in Aussicht. Letzterer ist zur Zeit m zu veranschlagen auf $\frac{A_u}{1{,}0p^{u-m}}$. Die Zwischennutzungen seien, alle auf das Jahr n bezogen, gleich D_n. Dieselben sind im Jahre m gleich $\frac{D_n}{1{,}0p^{n-m}}$ oder $=$ $\frac{D_n\, 1{,}0p^{u-n}}{1{,}0p^{u-m}}$.

An Aufwendungen für Erhaltung und Pflege des Bestandes kommen die Verwaltungskosten in Betracht, dieselben sind zur Zeit u gleich $\frac{v}{0{,}0p}(1{,}0p^{u-m}-1)$, zur Zeit m gleich $V\frac{1{,}0p^{u-m}-1}{1{,}0p^{u-m}}$.

Nun kann, so lange der Bestand vorhanden ist, der Boden nicht anderweit verwandt werden. Demgemäss sind auch die Renten, welche der letztere bei jetzt erfolgendem Abtrieb in Aussicht stellen würde, dem Bestande zur Last zu setzen und zwar ist, wenn eine freie Wahl zwischen verschiedenen Bewirtschaftungsarten zulässig ist, die höchste Rente, welche gezogen werden könnte, in die Rechnung einzuführen. Ist die Benutzung als Waldboden für die gegebene Holz- und Betriebsart am vorteilhaftesten, so ist die Rente des betreffenden Bodenerwartungswertes unter die Kosten zu rechnen. Verspricht dagegen eine andere Benutzungsweise grösseren Gewinn, so ist eine Umwandlung am Platze, wenn auch noch ein zeitweiliges weiteres Belassen des einmal vorhandenen Bestandes wegen demnächst zu erwartender Preis- und Zuwachssteigerungen als geboten erscheinen kann. In diesem Falle würde diese anderweite Nutzung in Anrechnung kommen, um zu erkennen, wann Abtrieb und Umwandlung vorzunehmen sind. Muss freilich die gegebene Bewirtschaftungsweise aus irgend einem Grunde dauernd beibehalten werden, so ist auch lediglich diese in Rechnung zu stellen. Die Summe der von den Erträgen in Abzug zu bringenden Bodenrenten, bezogen auf das Jahr m, ist gleich $\frac{(1{,}0p^{u-m}-1)B}{1{,}0p^{u-m}}$.

Hiernach ist der Erwartungswert des m jährigen Bestandes:

$$HE_m = \frac{A_u + D_n\, 1{,}0p^{u-n} - (B+V)(1{,}0p^{u-m}-1)}{1{,}0p^{u-m}}.$$

Ist der Bestand abnorm, so sind selbstverständlich nicht die normalen Erträge A_u, D_n in Rechnung zu stellen, sondern diejenigen, welche nach Massgabe der Bestandesbeschaffenheit als wahrscheinlich zu betrachten sind. Das Gleiche gilt von etwaigen ausserordentlichen Aufwendungen.

Bringt man sämtliche Nebennutzungen unter den Erträgen in Anrechnung, so ist auch die Bodenrente unverkürzt unter die Kosten zu stellen. Wenn man jedoch solche Nebennutzungen, welche nicht durch das Vorhandensein des Bestandes bedingt sind und die demnach auch ohne dasselbe zu jeder Zeit bezogen werden könnten, nicht unter den Erträgen aufführen will, so sind sie auch nicht den Kosten zuzuschlagen. Welches Verfahren man einschlagen will, ist ganz gleich. Bei dem einen gelangt man zum gleichen Ergebnis wie bei dem anderen.

Gehen solche Nebennutzungen alljährlich im Betrage von N ein, so können wir setzen:

$$B = B_1 + \frac{N}{0{,}0\,p} \text{ und es ist:}$$

$$HE_m = \frac{A_u + D_n 1{,}0p^{u-n} + \frac{N}{0{,}0p}(1{,}0p^{u-m} - 1) - \left(B_1 + \frac{N}{0{,}0p} + V\right)(1{,}0p^{u-m} - 1)}{1{,}0p^{u-m}}$$

Ist B als feste Summe gegeben, so muss N unter den Erträgen verrechnet werden, dies darf dagegen nicht geschehen, sobald B_1 in die Formel eingeführt wird.

Wir können uns nun auch den Fall denken, gewisse Nebennutzungen seien derart mit dem Boden verknüpft, dass sie mit und ohne Bestand nur zu bestimmt gegebenen Zeiten bezogen werden können. Steht bei einem m jährigen Bestande eine solche Nutzung N^i nach i — m Jahren in Aussicht, und würde dieselbe, auch wenn der Bestand abgetrieben wird, zu dieser Zeit eingehen, so wäre der Bestandeserwartungswert (von c und v abgesehen):

$$\frac{A_u + D_n q^{u-n} + N_i q^{u-i} + B}{q^{u-m}} - B_1 \ldots . 1.$$

B würde in diesem Falle sein $= \frac{A_u + D_n q^{u-n} + N_i q^{u-i}}{q^u - 1}$, da nach dem zur Zeit u erfolgenden Abtrieb, der Voraussetzung gemäss, N_i zum ersten Male in i Jahren, von da ab wiederholt alle u Jahre vereinnahmt würde. B_1 dagegen würde sein

$$= \frac{A_u + D_n q^{u-n} + N_i q^{u+m-i}}{q^u - 1}.$$

Denn es ist angenommen, dass, wenn auch jetzt abgetrieben würde, die erste Nebennutzung zur fest bestimmten Zeit nach i—m Jahren bezogen werden kann. Aus obiger Formel 1 erhalten wir

$$HE_m = \frac{(A_u + D_n q^{u-n})(q^m - 1)}{q^u - 1}.$$

Hätten wir N_i nicht unter den Einnahmen in Rechnung gebracht, so dürften wir auch den Bestand nicht mit der entsprechenden Summe belasten. Wir hätten alsdann $\frac{A_u + D_n q^{u-n} - B_2 (q^{u-m} - 1)}{q^{u-m}}$. In diesem Falle wäre B_2 zu setzen gleich $\frac{A_u + D_n q^{u-n}}{q^u - 1}$ und wir erhalten ganz wie oben: $HE_m = \frac{(A_u + D_n q^{u-n})(q^m - 1)}{q^u - 1}$. Wer streng folgerichtig verfährt, wird den hier auftretenden geringen Rechnungsschwierigkeiten leicht gewachsen sein.

Ist B negativ, d. h. übersteigen die Kosten der Bewirtschaftung die Erträge, so hat man an Stelle der ungünstigen Wirtschaft eine andere zu setzen, insbesondere

möglichst an Kosten zu sparen. Ist aber in dieser Beziehung keine Besserung zu erzielen, so **überlässt** man den Boden am besten sich selbst. Kann jedoch die Wirtschaft nicht geändert, muss z. B. eine unvorteilhafte Holz- oder Betriebsart dauernd beibehalten werden, so ist der Boden als „fressendes Kapital" zu betrachten. Ist ein solcher Boden bereits bestockt, so können Waldwert (W) wie Bestandeserwartungswert ganz gut positiv sein, sobald m eine bestimmte Höhe erreicht hat. Das Ergebnis $W = H - B$ und $H = W + B$ klingt nun freilich paradox. Doch können wir den hier scheinbar vorliegenden Widerspruch, dass der Bestandeswert grösser als der Waldwert ist, leicht lösen. Der Bestandeserwartungswert ist, wenn B negativ und wenn wir dies im Vorzeichen ausdrücken,

$$HE_m = \frac{A_u + D_n 1{,}0p^{u-n} + (B - V)(1{,}0p^{u-m} - 1)}{1{,}0p^{u-m}}.$$

Derselbe ist grösser als die Summe der zu erwartenden positiven Erträge. Dies rührt daher, dass wir, so lange der Bestand erhalten wird, die Verluste sparen, welche mit einer Neubegründung verbunden sind. Haben wir einen Bestand, welcher nach $u - m$ Jahren A_u zu liefern verspricht, und wird derselbe durch Frevel zu Grunde gerichtet, so haben wir einmal einen Schadenersatz zu beanspruchen von $\frac{A_u}{1{,}0p^{u-m}}$. Sind wir nun aus irgendwelchen Gründen verpflichtet, den Boden sofort wieder neu zu kultivieren, so haben wir auch Ersatz für die aus der frühzeitigen Kultur erwachsenden Verluste zu fordern. Der Haftpflichtige, welcher nur den Bestand vernichtet hat, muss doch zahlen: $\frac{A_u + (B - V)(1{,}0p^{u-m} - 1)}{1{,}0p^{u-m}}$, während der Waldwert, d. h. die Summe, zu welcher der Wald zu veranschlagen gewesen wäre, wenn der Bestand ungestört hätte weiter wachsen können, sich tatsächlich niedriger berechnet.

§ 35. **Die Grösse des Bestandeserwartungswertes** ist abhängig:

1. vom Bestandesalter m. Ist $m = u$, so sind keine Zwischennutzungen mehr zu beziehen und auch keine Kosten zu verausgaben. Zu erwarten ist A_u und demnach $HE_u = A_u$.

Für $m = 0$ ist $HE_0 = \frac{A_u + D_k 1{,}0p^{u-k} - (B + V)(1{,}0p^u - 1)}{1{,}0p^u}$.

Setzen wir für B die Formel des Bodenerwartungswertes ein, d. h. unterstellen wir, dass durch die Erträge gerade die Bodenrenten und die Verwaltungskosten gedeckt werden, so erhalten wir $HE_0 = c$. Der Bestandeserwartungswert ist gleich den eben verausgabten Kulturkosten. Kommen keine Zwischennutzungen in Betracht, so ist $HE_m = \frac{A_u + B + V}{1{,}0p^{u-m}} - B - V$, der Bestandeserwartungswert steigt stetig mit m. Werden Durchforstungen eingelegt, so wird dieses Steigen von Zeit zu Zeit, je nach Vornahme einer Durchforstung unterbrochen. Es ist nicht allein denkbar, sondern auch praktisch möglich (starker Lichtungshieb), dass nach einer solchen der Bestandeserwartungswert sehr stark sinkt, ohne wieder die frühere Höhe zu erreichen.

2. Von Einfluss ist weiter die Höhe des Zinsfusses. Es ist

$$HE_m = \frac{A_u + B + V}{1{,}0p^{u-m}} + \frac{D_n}{1{,}0p^{n-m}} - (B + V).$$

Je höher bei gleichbleibendem B der Zinsfuss, um so niedriger der Bestandeserwartungswert. Dies gilt meist auch für den Fall, dass statt des konstanten B die Formel des von p abhängigen Bodenerwartungswertes eingesetzt wird. Ausnahmen von dieser Regel sind nicht allein theoretisch denkbar, sondern auch wohl praktisch

möglich, so dass der Bestandeserwartungswert eine Zeit lang mit steigendem Zinsfuss zunimmt, ein Maximum erreicht und dann erst mit wachsendem Zinsfuss sinkt.

Nehmen wir der Einfachheit halber an, es gingen nur einmal Zwischennutzungen im Jahre k ein und es sei $k > m$. Es wäre zu untersuchen, unter welchen Bedingungen noch eine Zunahme von HE stattfindet.

Als solche Bedingung ergiebt sich:

$$D_k q^{u-k} \left\{ \frac{\frac{u-k}{uq^u}}{q^u - 1} - \frac{mq^m}{q^m - 1} - 1 \right\} > A_u$$

Ferner würde, damit die Umtriebszeit u vorteilhafter ist als die kjährige Umtriebszeit, noch der Bedingung $B_u > B_k$ genügt werden müssen.

Für $u = 100$, $m = 70$, $k = 72$, $A = 30$, $D_k = 100$ berechnet sich bei Zugrundelegung eines Zinsfusses von

	1%	1½%	2%	2½%	3%	3½%	4%	5%
HE auf	95	97,4	98,0	98,2	98,5	97,4	96,3	95,0
B auf	95	53	33	21	14	9,6	7	3,3

Für $u = 80$, $k = 62$, $m = 60$, $D_k = 100$, $A = 20$ erhält man

B =	115	66	42	28	20	14	10	5,4
HE =	93,8	95,0	95,8	96,4	97,8	96,3	95,2	94,7

Es ist recht gut möglich, auch praktischere Beispiele mit mehr Durchforstungen, insbesondere für den sog. Lichtungsbetrieb, aufzustellen.

3. Von Interesse ist ferner der Einfluss, den die Höhe der Umtriebszeit auf die Grösse des Bestandeserwartungswertes ausübt.

Es ist

$$HE = \frac{A + \frac{D_a}{q^a} + \frac{D_n}{q^n} - c}{q^x - 1}(q^m - 1) + \left\{ \frac{D_n}{q^n}(q^m - 1) - \frac{D_a}{q^a} + c \right\}$$

und

$$B_e = \frac{A + \frac{D_a}{q^a} + \frac{D_n}{q^n} - c}{q^x - 1} + \left\{ \frac{D_n}{q^n} + \frac{D_a}{q^a} - c - V \right\}.$$

Die eingeklammerten Grössen sind sämtlich fest gegeben und unabhängig von x. Demnach erreicht der Erwartungswert des normalen Bestandes für dieselbe Umtriebszeit ein Maximum wie der Bodenerwartungswert. Hat nun das Alter des Bestandes die Zeit der finanziellen Hiebsreife bereits überschritten, so kann die finanzielle Umtriebszeit für ihn nicht mehr in Betracht kommen. Sein Alter wäre zunächst mit höher liegenden zu vergleichen. Ist dies Alter $= u$, so wäre, wenn wir nur Haubarkeitserträge unterstellen, das Maximum von:

$$HE = \left\{ A_{u+x} - B_{u+x}(q_x - 1) \right\} \frac{1}{q_x} \text{ zu bestimmen. Nun ist}$$

$$B_{u+x} = \frac{A_{u+x}}{q^{u+x} - 1}. \text{ Demnach } HE = (q^u - 1) B_{u+x}.$$

B_{u+x} wird mit steigendem x immer kleiner. Sonach ist der Bestandeserwartungswert am grössten für $x = 0$. Der Bestand wird gehauen und nachher würde eine höhere Umtriebszeit als die finanzielle nicht mehr in Frage kommen. Bei abnormen Beständen erreicht der Bestandeserwartungswert ebenfalls für diejenige Abtriebszeit ein Maximum, welche als die finanziell vorteilhafteste zu bezeichnen ist.

Ist die Grösse B in der Formel für HE unabhängig von der Umtriebszeit, so tritt das Maximum um so früher ein, je grösser B und umgekehrt.

Bestandeserwartungswert und Bestandesverbrauchswert.

§ 36. Um zu untersuchen, unter welchen Bedingungen:

$HE_m = \frac{A_{u1} + D_n q^{u_1-n} - (B+V)(q^{u1-m} - 1)}{q^{u1-m}} \gtreqless A_m$ ist, füge ich auf beiden Seiten dieser Ungleichung $D_a q^{m-a} - cq^m - (B+V)(q^m - 1)$ zu und erhalte

$$\frac{A_{u1} + D_a q^{u1-a} + D_n q^{u1-n} - qc^{u1} - (B+V)(q^{u1}-1)}{q^{u1-m}} \lesseqgtr A_m + D_a q^{m-a} - cq^m - (B+V)(q^m - 1)$$

und hieraus weiter:

$$(B_{u1} - B)\ (q^{u1} - 1) \gtreqless (B_m - B)(q^{u1} - q^{u1-m}).$$

u_1 bedeutet hier die einzuhaltende Umtriebszeit, bezw. das fest bestimmte Abtriebsalter, m das veränderliche Bestandesalter, B_m und B_x die für Umtriebszeiten von m und x Jahren berechneten Bodenerwartungswerte, B den in die Formel für HE_m eingestellten Bodenwert.

Für $m = u_1$ erhalten wir eine Identität, demnach ist der Bestandeserwartungswert am Schlusse der Umtriebszeit immer gleich dem Bestandesverbrauchswert. Dies gilt für jedes beliebige u, und auch für jedes beliebige B.

Bedeutet u die Umtriebszeit, für welche der Bodenerwartungswert ein Maximum ist, so haben wir zu unterscheiden:

1. $u_1 \leqq u$ und $B = B_{u1}$. Wir erhalten: $0 \lesseqgtr (B_m - B_{u1})(q^{u1} - q^{u1-m})$. Alsdann ist HE nur zur Zeit u gleich A, vorher ist, da $B^m < B_{u1}$, also da die rechte Seite unserer Ungleichung negativ ist, HE stets grösser als A. Dies gilt auch für den Fall, dass $B < B_{u1}$. Alsdann ist $B_{u1} - B$ immer grösser als $B_m - B$. Anders dagegen liegt die Sache, wenn $B > B^0_{u1}$. In diesem Falle ist HE eine Zeit lang vor u kleiner als A. Zu einer bestimmten Zeit, für welche $(B_{u1} - B)(q^{u1} - 1) = (B_m - B)(q_{u1} - q^{u1-m})$, ist HE = A, vor dieser Zeit ist HE > A. Ueberschreitet B eine gewisse Grenze, dann ist HE immer > A.

Ist u = 70, q = 1,03, $B_{70} = 363$, $B_{60} = 341$, $B_{50} = 277$, $B_{40} = 174$ und B = 390, so ist $HE_{70} = A_{70}$; $HE_{60} < A_{60}$; $HE_{50} = A_{50}$; $HE_{40} > A_{40}$.

2. $u_1 > u$ und $B = B_{u1}$. In diesem Falle kann $(B_m - B_{u1})(q^{u1} - q^{u1-m})$ zweimal gleich Null werden, da B_m nicht allein zur Zeit u_1, sondern auch schon einmal vor u (etwa im Jahre u_2) $= B_{u1}$ wird. HE wird demnach zweimal gleich A. Vor der Zeit u_2 ist $B_m < B_{u1}$, mithin HE > A, in der Zeit zwischen den Jahren u_2 und u_1 ist $B_m > B_{u1}$, demnach während dieser ganzen Zeit HE < A. Ist nun aber $B > B_{u1}$, so tritt das gleiche Verhältnis ein wie unter 1. Von Interesse sind diese Fälle, in welchen $B > B_u$, für die Frage der Bestandsumwandlung und Rodung. Von der Höhe von B hängt es ab, ob die Rodung früher oder später vorzunehmen ist.

Da HE zur Zeit der Hiebsreife = A und kurze Zeit vor derselben nicht viel von A verschieden ist, so können für Zwecke praktischer Rechnungen HE und A häufig gegenseitig ersetzt werden.

Die Berechnung des Bestandeserwartungswertes abnormer Bestände bedarf hier keiner besonderen Auseinandersetzung.

c. Bemessung des Bestandeskapitales nach den für Erziehung des Bestandes aufgewandten Kosten (sog. Bestandeskostenwert).

§ 37. Der Bestandeskostenwert umfasst diejenige Summe, welche durch Nutzung des Bestandes jeweilig mindestens gedeckt werden müsste, wenn die Wirtschaft nicht mit Verlust verbunden sein soll, also die bis zu einem bestimmten Zeitpunkt aufgewachsenen positiven und negativen Aufwendungen abzüglich der inzwischen erzielten Einnahmen. Hierbei hat man in der oben erwähnten Weise zu unterscheiden zwischen

wirklichen Kosten der Vergangenheit und solchen, welche in der Gegenwart als für die Wirtschaft massgebend zu betrachten sind.

Für Erziehung eines m jährigen Bestandes wurden aufgewandt:

1. Die Kulturkosten c, welche bis zum Jahre m aufgewachsen sind auf cq^m;

2. An Verwaltungskosten alljährlich v. Die Summe derselben beläuft sich im Jahre m auf $V(q^m - 1)$.

3. Die Bodennutzung. m Jahre lang konnte der Boden nicht anderweit verwandt werden. Alljährlich hätte von demselben ein Nutzen von $B\,0{,}0\,p$ gezogen werden können. Die Gesamtsumme aller dieser Nutzungen, bezogen auf das Jahr m, ist gleich $B(q^m - 1)$. Zum gleichen Ergebnis kommen wir natürlich, wenn B früher zum Ankauf verausgabt wurde.

Bis zum Jahre m wurden verschiedene Einnahmen erzielt. Denken wir uns dieselben sämtlich auf das Jahr a bezogen, zu welcher Zeit sie gleich D_a sein mögen, so sind sie im Jahre m aufgewachsen auf $D_a q^{m-a}$.

So erhalten wir denn als Formel für den Bestandskostenwert:

$$HK_m = (B + V)(q^m - 1) + cq^m - D_a q^{m-a}.$$

Streng genommen dürften Bodennutzungen, welche mit und ohne Vorhandensein des Bestandes gezogen werden können, nicht unter den den Bestand belastenden Kosten verrechnet werden. In diesem Falle würden sie aber auch nicht unter den in Abzug zu bringenden Einnahmen erscheinen. Für die Grösse von HK bleibt es demnach ganz gleich, ob wir die volle Bodenrente verrechnen oder nur einen Teil derselben. Im einen Fall erhalten wir $(B_1 + V)(q^m - 1) + cq^m - D_a q^{m-a}$, im anderen dagegen $(B_1 + B_2 + V)(q^m - 1) + cq^m - D_a p^{m-a} - B_2(q^m - 1)$. also eine einfache Identität.

Ermitteln wir den Bestandeskostenwert zu dem Zwecke, um die einzuhaltende Wirtschaft zu bestimmen, so haben wir unter der Voraussetzung, dass der Boden am besten dauernd für die eingeführte Wirtschaft verwandt wird, den Bodenerwartungswert und zwar das Maximum desselben unter den Kosten zu verrechnen. In diesem Falle ergibt die Wirtschaft rechnungsmässig weder Gewinn noch Verlust, die Kosten sind zu jeder Zeit gleich den auf dieselbe Zeit bezogenen in Aussicht stehenden Erträgen, d. h. es ist $HK = HE$. Denn es ist

$$HE_m - HK_m = \frac{A_u + D_n q^{u-n} - (B + V)(q^{u-m} - 1)}{q^{u-m}} - \left\{(B+V)(q^m - 1) + cq^m - D_a q^{m-a}\right\}$$

$$(HE_m - HK_m) q^{u-m} = A_u + D_n q^{u-n} + D_a q^{u-a} - cq^u - (B + V)(q^u - 1)$$

$$(HE_m - HK_m) q^{u-m} = (B_u - B) q^u - 1)$$

Für $B = B_u$ ist $HE = HK$. Ist $B > B_u$, so ist HK grösser als HE und umgekehrt.

Ist der Bestand abnorm, so ergibt sich auf dem gleichen Wege:

$$(HE_m - HK_m) q^{u-m} = (\mathfrak{B}_u - B)(q^u - 1)$$

$\mathfrak{B}_u$, d. h. der mit den abnormen Erträgen berechnete Bodenerwartungswert ist jedenfalls kleiner als B oder B_u anzunehmen, somit auch $HK_m > HE_m$. Wenn nun immer alle Bestände abnorm sind, wenn die normalen Ertragstafeln praktisch nie passen wollen, dann sind die letzteren eigentlich keine normalen Ertragstafeln, sie enthalten vielmehr ideale Sätze, welche praktisch nicht zu verwirklichen sind. Normal ist für uns das, was bei guter Wirtschaft durchschnittlich erzielt werden kann. Entspricht B_u Sätzen dieser Art, dann ist es verkehrt, ein ideales unerreichbares $\mathfrak{B}_u$ in die Formel einzustellen.

Die Grösse des Bestandeskostenwertes hängt u. a. ab:

1. vom Alter des Bestandes. Ist $m = 0$, d. h. ist der Bestand soeben erst begründet worden, so sind noch keine Nutzungen eingegangen; $q^0 - 1$ ist gleich Null; und wir erhalten $HK_0 = cq^0 = c.$, d. h. mit dem soeben erfolgten Beginn der Wirt-

schaft sind nur die Kulturkosten verausgabt.

Zur Zeit u ist $HK_u = A_u$ unter der Voraussetzung, dass B_u in der Formel von HK_u eingestellt wird. Wird ein $B < B_u$ in die Formel eingeführt, so würde $HK_u < A_u$ sein. Der Ertrag deckt mehr als die berechneten Kosten. Ein solches Verfahren könnte fälschlicherweise dazu veranlassen, einen hiebsreifen Bestand noch weiter überzuhalten. Ist das zu Grunde gelegte $B > B_u$, so würde $HK_u > A_u$; der Bestand deckt nicht die berechneten Kosten. Ist der Boden anderweit, z. B. für eine andere Holzart, für die Landwirtschaft etc. mit grösserem Vorteil verwertbar, so lässt die ungenügende Kostendeckung eine Aenderung als rätlich erscheinen.

Mit zunehmendem Bestandesalter wächst der Bestandeskostenwert, doch kann das Wachstum durch die von Zeit zu Zeit eingelegten Durchforstungen unterbrochen werden. Im übrigen gelten hier für den Fall, dass $B = B_u$ gesetzt wird, die Bemerkungen, welche oben bezüglich des Bestandeserwartungswertes gemacht wurden:

2. von der Höhe des Zinsfusses.

Ist B konstant, so ist HK um so grösser, je höher der Zinsfuss und umgekehrt. $(B + V)(q^m - 1) + cqm$ dürfen wir ohne weiteres als grösser wie $D_a q^{m-a}$ ansehen. Rechnet man freilich nach den wirklichen Kosten der Vergangenheit, so dass etwa B und c sehr klein oder gar gleich 0 sind, so kann leicht das Umgekehrte eintreten. Anders liegt die Sache, wenn für B die Formel des Bodenerwartungswerts eingestellt wird. Alsdann ist $HE = HK$ und es gelten dieselben Sätze, welche oben über die Beziehungen zwischen Zinsfuss und Bestandeserwartungswert aufgestellt wurden.

Nebenbei sei noch bemerkt, dass, wenn B als feste, etwa bereits berechnete Summe gegeben ist und wenn vorausgesetzt werden darf, dass B von B_u wenig oder gar nicht abweicht, bei jüngeren Beständen, welche nur wenige Zwischennutzungen abgeworfen haben, die Bemessung des Bestandeskapitales am einfachsten durch Bestimmung des Bestandeskostenwertes erfolgt. Bei älteren Beständen, welche nicht mehr viele Zwischennutzungen in Aussicht stellen, würde die Formel des Bestandserwartungswertes bessere Dienste leisten.

Bestandskostenwert und Bestandsverbrauchswert.

$Hk_m - A_m = (B + V)(q^m - 1) + cq^m - D_a q^{u-a} - A_m$. Hieraus erhalten wir $HK_m - A_m = (B - B_m)(q^m - 1)$.

Ist $B = B_u$, so haben wir zur Zeit der Hiebsreife (u) $HK_u - A_u = 0$, der Bestandskostenwert ist gleich dem Bestandesverbrauchswert. Vor und nach u ist $B_m < B$, mithin $HK_m > A_m$. Setzen wir nun $B = B_u + B_1$, so haben wir

$$HK_m - A_m = (B_1 + B_u - B_m), (q^m - 1).$$

Ist B_1 negativ, also $B < B_u$, so ist B_m einmal vor u und dann nach u gleich $B_u + B_1 = B$, in dem zwischen diesen Jahren gelegenen Zeitabschnitt ist $A > HK$, vor und nach demselben ist dagegen $HK > A$. Ist B_1 positiv, also $B > B_u$, so ist HK_m stets grösser als A_m. Denn $B_1 + B_u - B_m$ bleibt auch selbst dann, wenn B_m sein Maximum erreicht (Zeit u), positiv.

Die Bemessung des durch einzelne Bäume dargestellten Kapitales bedarf hier keiner eingehenden Besprechung. Ich bemerke nur, dass bei einem gleichalterigen Bestand das Bestandeskapital einfach durch die Zahl der Bäume dividiert werden kann. Ist der Bestand nicht gleichalterig, bezw. gleichartig, oder handelt es sich um einen einzeln stehenden Baum, so sind die für den gegebenen Fall passenden Zahlen (Abtriebsalter, in Anspruch genommener Bodenraum etc.) erst zu ermitteln.

Der mehrjährige Zuwachs stellt sich formelmässig sehr einfach dar als $HE_{m+n} - HE_m$, Unterschied der Erwartungswerte, dann als $HK_{m+n} - HK_m$, Unterschied der Kostenwerte, oder endlich als $A_{m+n} - A_m$, d. h. als Unterschied der sog. Bestandesverbrauchswerte.

Besonders interessant ist nun noch

B. Das Kapital, welches der Normalvorrat darstellt.

§ 38. Für Zwecke der Waldwertrechnung ist als Vorratskapital dasjenige anzusehen, welches zu Anfang des Jahres vorhanden ist. Bezeichnen wir das Bodenkapital mit B, das Vorratskapital mit N, so wächst der Summe $B + N$ im Laufe des Jahres der Waldreinertrag zu. Derselbe ist der Zins von $B + N$.

a. Bemessung des Vorratskapitales nach dem Verbrauchswert.

Nach der Formel der sog. österr. Kameraltaxe ($N = \frac{u}{2} A_u$) wird der Haubarkeitsertrag richtig mit A_u veranschlagt; die jüngeren Bestände dagegen werden gleich dem mit ihrem Alter multiplizierten Haubarkeitsdurchschnittszuwachs gesetzt. Praktisch weicht das Ergebnis derselben von der Summierung der wirklichen Verbrauchswerte meist nicht viel ab, wenn wenigstens nicht sehr hohe oder sehr niedrige Umtriebszeiten unterstellt werden. Eine lange Reihe von Jahren hindurch, nämlich zur Zeit, in welcher die Kurve des Bestandesverbrauchswertes einen Wendepunkt aufweist (Maximum des laufenden Zuwachses), ist die Bestandesmehrung eine von Jahr zu Jahr praktisch gleiche. Liegt das Abtriebsalter zwischen der Kulmination des Durchschnittszuwachses und derjenigen des laufenden Zuwachses, so werden die älteren Bestände annähernd richtig, die jüngeren dagegen zu hoch bemessen. Ist das Abtriebsalter sehr niedrig, so können alle Bestände zu hoch veranschlagt werden, ist es sehr hoch, so kann das Gesamtergebnis viel niedriger sein als die Summe der wirklichen Verbrauchswerte. Bei einem bestimmten Alter werden sie allerdings mehr oder minder einander begleichen. Doch wird dies nur selten der wirklichen Hiebszeit entsprechen.

Die Formel der österr. Kameraltaxe leidet an einer Inkonsequenz, soweit sie wenigstens hier in Betracht kommt. Sie veranschlagt die jüngeren Bestände nicht nach ihrem wirklichen Verbrauchswerte, weil dieselben jetzt ja doch nicht abgetrieben werden, sondern sie nimmt Rücksicht auf ihre spätere Gestaltung. Verfolgen wir aber den ihr zu Grunde liegenden Gedanken streng logisch weiter, so haben wir die Zukunftswerte zu diskontieren. Die Rechnung nach Jahresdurchschnitten ist falsch.

Man hat sich wohl auch bemüht, die wirklichen Verbrauchswerte zu summieren. Die Summe derselben wäre

$$\Sigma A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + \ldots . A_u$$

Nun ist der Zuwachs immer je eine Reihe von Jahren hindurch nicht sehr veränderlich. So kann man denn im Interesse der Vereinfachung die für eine solche Zeit für die einzelnen Jahre sich ergebenden Vorräte zusammenfassen und wie arithmetische Reihen erster Ordnung summieren. Ist die Zahl der Jahre einer Reihe gleich n, so haben wir

$\Sigma A = (A_1 + A_n)\frac{n}{2} + (A_n + A_{2n})\frac{n}{2} \ldots\ldots + (A_{u-n} + A_u)\frac{n}{2}$ und, da $A_1 = 0$ gesetzt werden kann,

$\Sigma A = n\left(A_n + A_{2n} + A_{3n} + \ldots + \frac{A_u}{2}\right)$, wobei u durch n teilbar ohne Rest.

Will man übrigens einmal genau rechnen, so darf nicht übersehen werden, dass

die jüngsten Bestände leicht negative Grössen liefern. Ist z. B. $n = 20$ und $A_u = 8$, so ist die Summe der 20 jüngsten Bestände in Wirklichkeit nicht gerade gleich 80, wie die Rechnung ergeben würde, sondern sie kann unter Umständen gleich Null oder auch kleiner als Null sein. Im Hochgebirge sind die Bestände schon bis zu einem recht ansehnlichen Alter nicht nutzbar. Hier kann man leicht für den Vorrat selbst der 40, 50 ersten Alterstufen ein negatives Ergebnis erhalten.

Nun wird man nach dem Bestandesverbrauchswerte nur rechnen dürfen, wenn der Abtrieb der Bestände wirklich in Frage kommt. Anderenfalls ist die Rechnung grundsätzlich als ebenso unzulässig zu bezeichnen, wie die Bewertung von nutzbaren Häusern und Maschinen nach den Summen, welche man durch Abbruch und Zerschlagung erhalten könnte.

Nur unter der Voraussetzung, dass das Ergebnis nicht allzugrosse Fehler enthält, kann man die angeführte Formel für rasche näherungsweise Berechnung verwenden. Doch würde für diesen Fall die Formel der österreichischen Kameraltaxe immerhin den Vorzug verdienen. Sie hat wenigstens die Einfachheit der Rechnung für sich.

b. Bemessung des Vorratskapitales nach den zu erwartenden reinen Erträgen der einzelnen Bestände (Erwartungswert).

§ 39. Wir haben im ganzen u Flächeneinheiten, der jüngste Bestand ist o jährig, der älteste $(u-1)$ jährig. Nun ist der Erwartungswert der einzelnen Altersstufen:

der $(u-1)$ jährigen $= (A_u + B + V)\, q^{-1} - (B + V)$

„ $(u-2)$ „ $= (A_u + B + V)\, q^{-2} - (B + V)$

. . . .

„ $(k-1)$ jährigen $= (A_u + B + V)\, q^{-[u-(k-1)]} - (B + V) + D_k q^{-1}$

„ $(k-2)$ „ $= (A_u + B + V)\, q^{-[u-(k-2)]} - (B + V) + D_k q^{-2}$

. . . .

„ 0 jährigen $(A_u + B + V)\, q^{-u} - (B + V) + D_k q^{-k}$

Nun ist $q^{-1} + q^{-2} + \ldots q^{-u} = \frac{q^u - 1}{q^u (q-1)}$ und $q - 1 = 0{,}0p$. Unsere Reihe ist somit:

$$NE = \frac{(A_u + B + V)(q^u - 1)}{q^u\, 0{,}0p} + \frac{D_k (q^u - 1)}{q^k\, 0{,}0p} - u(B + V) \text{ oder}$$

$$NE = \frac{(A_u + B + V)(q^u - 1) + D_k q^{u-k} (q^k - 1)}{q^u\, 0{,}0p} - u(B + V).$$

Diese Summe gilt für u Flächeneinheiten; um das Vorratskapital der Flächeneinheit zu finden, hätten wir NE durch u zu dividieren.

Setzen wir statt B die Formel für B_u ein, so erhalten wir

$$NE = \frac{A_u + D_k - c - uv}{0{,}0p} - uB_u.$$

$A_u + D_k - c - uv$ ist der Reinertrag, welchen der Wald, wenn der Normalvorrat vorhanden, alljährlich abwirft. Wir erhalten also das Kapital des Normalvorrats, wenn wir vom kapitalisierten Waldreinertrag (Waldwert) den Bodenwert, als Bodenerwartungswert der in Frage stehenden Betriebsklasse und Umtriebszeit gedacht, abziehen.

Für die Flächeneinheit ist das Kapital des Normalvorrates

$$= \frac{A_u + D_k - c - uv}{0{,}0p} - B_u.$$

Nehmen wir an, die Preise änderten sich; nach einem Jahr werde A_1, nach zwei Jahren A_2, nach drei Jahren A_3 etc. bezogen, so sind sämtliche zukünftige Einnahmen

der (u — 1) jährigen Altersstufe $= \frac{A_1}{q} + \frac{A_{u+1}}{q^{u+1}} + \ldots$, die der (u — 2) jährigen Altersstufe $\frac{A_2}{q^2} + \frac{A_{u+2}}{q^{u+2}} + \ldots$

Ist nun das Prozent, um welches der Preis sich im Durchschnitt der Jahre erhöht, gleich b und setzen wir 1,0 b = t, so wird A_{u-x} wachsen auf $A_u t^x$. Wir erhalten als Reihen für die

$$(u-1)\text{ jährige Altersstufe} = \frac{A_u t}{q} + \frac{A_u t^{u+1}}{q^{u+1}} + \frac{A_u t^{2u+1}}{q^{2u+1}} + \ldots$$

$$(u-2) \quad " \quad " \quad = \frac{A_u t^2}{q^2} + \frac{A_u t^{u+2}}{q^{u+2}} + \frac{A_u t^{2u+2}}{q^{2u+2}} + \ldots$$

. . . .

$$0\text{ jährige} \quad " \quad = \frac{A_u t^u}{q^u} + \frac{A_u t^{2u}}{q^{2u}} + \frac{A_u t^{3u}}{q^{3u}} + \ldots$$

Diese Summe ist gleich

$$A_u \left\{ \frac{t}{q} + \frac{t^2}{q^2} + \ldots \frac{t^u}{q^u} \right\} \left\{ 1 + \frac{t^u}{q^u} + \frac{t^{2u}}{q^{2u}} + \ldots \right\}$$

oder gleich $\frac{A_u t}{q - t} = \frac{A_u 1{,}0 b}{0{,}0 p - 0{,}0 b}$. Setzen wir dies $= \frac{A_u}{0{,}0 p_1}$, so finden wir $p_1 = \frac{p - b}{1{,}0 b}$ oder, da 0,0 b sehr klein gegen 1, kurz $p_1 = p - b$. Berechnen wir in gleicher Weise die Bodenerwartungswerte, indem der Einfachheit halber nur A_u unterstellt wird, so erhalten wir $\frac{A_u}{1{,}0 p_1^u - 1} = B_1$. Das Kapital des Normalvorrates ist demnach $= \frac{A_u}{0{,}0 p} - u B_1$.

Die Durchforstungen, Kulturkosten etc. führen zum gleichen Ergebnis. Wenn also anzunehmen ist, dass für die jetzt vorhandenen jüngeren Bestände Erträge und Kosten in Zukunft andere sein werden, so helfen wir uns einfach durch Ermässigung oder Erhöhung des Zinsfusses ganz in der gleichen Weise, wie dies bereits oben erörtert wurde. Allerdings kann es sich hier nie um eine Rechnung handeln, deren Ergebnis genau der Wirklichkeit entspricht, ein Uebelstand, der uns übrigens in einem grossen Teile der Forstwirtschaft begegnet. Die Waldwertrechnung teilt hier das Schicksal ihrer Schwestern (Holzmesskunde, Ertragsregelung, Waldbau etc.).

Die Frage, wie die Nebennutzungen zu behandeln sind, welche mit und ohne Vorhandensein des Vorrates gezogen werden können, ist ebenso zu beantworten wie oben S. 114. Bringen wir sie unter den Erträgen in Anrechnung, so müssen sie auch unter die den Vorrat belastenden Kosten gestellt werden. Liefert ein Bestand einen Abtriebsertrag = A, jährlich eine solche Nutzung = K und alle a Jahre eine Nutzung der gleichen Art = R, so ist

$$N = \frac{\left(A + B - \frac{K}{0{,}0 p} - \frac{R}{q^a - 1}\right)(q^u - 1)}{q^u \, 0{,}0 p} + \frac{R u}{a \, 0{,}0 p} + \frac{u K}{0{,}0 p} - u B_1.$$

B ist hier zu setzen $= \frac{A}{q^u - 1} + \frac{K}{0{,}0 p} + \frac{R}{q^a - 1}$. Es ist dies der Bodenwert, wie er vom Jahre u ab genutzt werden kann; die erste Nebennutzung R geht nach a Jahren ein. uB umfasst die Nutzungen, wie sie möglich wären, wenn wir jetzt alle Bestände abtreiben würden. Alsdann würde der Voraussetzung gemäss, auf $\frac{u}{a}$ Flächen die Nebennutzung R nach einem Jahre (dann alle a Jahre), auf anderen nach 2 Jahren etc. eingehen. Demnach ist

$$uB_1 = \frac{uA}{q^u - 1} + \frac{uR}{a\,0{,}0\,p} + \frac{uK}{0{,}0p}.$$

Es wird sonach, wenn wir $\frac{A}{q_u - 1} = B_2$ setzen, $N = \frac{(A + B_2)(q^u - 1)}{q^u - 0{,}0\,p} - uB_2$.
Wir gelangen somit zum gleichen Ergebnis, welches wir erhalten hätten, wenn wir die Nebennutzungen nicht unter die Erträge und demzufolge auch nicht unter die Kosten gestellt hätten.

c. Die Bemessung des Vorratskapitales nach den für Erziehung desselben aufgewandten Kosten.

§ 40. Wir summieren einfach die Kostenwerte der einzelnen Bestände und erhalten für den $(u-1)$jährigen Bestand $(B + V)(q^{u-1} - 1) + cq^{u-1} - D_k q^{u-k-1}$

. . . .

„ $(k + 1)$ „ „ $(B + V)(q_k^{+1} - 1) + cq^{k+1} - D_k q^1$
„ k jährigen „ $(B + V)(q^k - 1) + cq^k - D_k q^o$
„ $(k-1)$ jährigen „ $(B + V)(q^{k-1} - 1) + cq^{k-1}$

. . . .

„ 0 jährigen „ $(B + V)(q^0 - 1) + cq^0$

Demnach ist

$$NK = (B + V + c)(q^0 + q^1 + \dots q^{u-1}) - u(B + V) - D_k(q^0 + q^1 + \dots q^{u-k-1})$$

oder

$$NK = \frac{(B + V + c)(q^u - 1) - D_k(q^{u-k} - 1)}{0{,}0\,p} - u(B + V)$$

Da diese Summe für u Flächeneinheiten gilt, so ist der Kostenwert des Normalvorrats einer Flächeneinheit gleich den u^{ten} Teile derselben.

Die wirklichen Kosten und Erträge der Vergangenheit sind in der Formel einzustellen, wenn man etwa einen tatsächlich erzielten Gewinn ermitteln will. Handelt es sich jedoch um einen Verkauf oder um Bestimmung der einzuhaltenden Wirtschaft, so haben wir von der Vergangenheit überhaupt vollständig abzusehen. Als Kosten sind dann die Ergebnisse der Jetztzeit anzusehen, bezw. es ist die anderweite Ausnutzungsmöglichkeit unter den Kosten in Rechnung zu ziehen. Setzen wir demgemäss an Stelle von B die Formel des Bodenerwartungswertes, so wird

$$NK = \frac{\left(\frac{A_u + D_k q^{u-k_1} - cq_u}{q^u - 1} - V + V + c\right)(q^u - 1) - D_k(q^{u-k} - 1)}{0{,}0p} - u(B_u + V)$$

oder

$$NK = \frac{A + D_k - c - uv}{0{,}0p} - uB_u.$$ Es ist wie bei den einzelnen Beständen $NE = NK$.

3. Der Wald.

Der Wald ist gleich der Summe von Boden und Bestand, somit kann man das durch den Wald dargestellte Kapital einfach auf dem Wege ermitteln, dass man die Kapitalien von Boden und Bestand summiert. Zum gleichen Ergebnis müssen wir gelangen, wenn wir alle Erträge und Kosten des Waldes zusammenrechnen und von einander in Abzug bringen.

A. Der Einzelbestand.

§ 41. 1. Berechnung des Waldkapitales nach den zukünftigen reinen Erträgen.

Der $m$jährige normale Bestand stellt in Aussicht nach $u - m$ Jahren einen Ab-

triebsertrag A_u, nach n — m Jahren eine Zwischennutzung D_n. Die gleichen Erträge kehren in den folgenden Umtriebszeiten wieder. Dazu kommen in diesen Umtriebszeiten die Zwischennutzungen D_a, welche je vor dem Alter m eingehen. Die ersten Kulturkosten werden nach u — m Jahren aufgewandt. Die Verwaltungskosten bleiben sich jährlich gleich, ihre Gesamtsumme ist = V. Wir erhalten somit:

$$We_m = q^m \left(A + D_n\, q^{u-n} + \frac{D_a}{q^a} - c\right)\left(\frac{1}{q^u} + \frac{1}{q^{2u}} + \ldots\right) - V$$

$$= \left(A + D_n\, q^{u-n} + \frac{D_a}{q^a} - c\right)\frac{q^m}{q^u - 1} - V.$$

Die Summe $A + D_n\, q^{u-n} + \frac{D_a}{q^a} - c$ kehrt alle u Jahre wieder, zum erstenmale ist sie für das Ende von m Jahren zu verrechnen.

Nun ist

$$B_u = \left(A + D_n\, q^{u-n} + \frac{D_a}{q^a} - c\right)\frac{1}{q^u - 1} + \frac{D_a}{q^a} - c - V.$$

q, a und m sind konstant; demnach erreicht der Walderwartungswert unter normalen Verhältnissen für die gleiche Umtriebszeit ein Maximum wie der Bodenerwartungswert.

Der Walderwartungswert eines u jährigen Bestandes ist gleich:

$$\left(A + \frac{D_n}{q^n} + \frac{D_a}{q^a} - c\right)\frac{q^u}{q^u - 1} - V$$

und zwar unter der Voraussetzung, dass nun die u jährige Umtriebszeit eingehalten wird. Es wäre verfehlt, für denselben, um hiernach seine Wirtschaft einzurichten, ein Maximum in der Art bestimmen zu wollen, dass man u in Zähler und Nenner als veränderlich betrachtet. Nur das u des Nenners kann als veränderlich in Frage kommen. Erreicht B ein Maximum für ein bestimmtes u, so ist der Walderwartungswert eines u jährigen Bestandes bei Unterstellung einer Umtriebszeit von u + x gleich

$$\frac{A_{u+x} + B_{u+x} + V}{q^x} - V.$$

Es ist aber

$$\frac{A_{u+x} + B_{u+x} + V}{q^x} - V < A_u + B_u, \text{ ebenso auch}$$

$$\frac{A_{u+x} + B_u + V}{q^x} - V < A_u + B_u$$

Der Walderwartungswert ist für diejenigen Bestände, welche mehr als u Jahre alt sind, am grössten, wenn sofortiger Abtrieb erfolgt und nachher die Umtriebszeit eingehalten wird, für welche der Bodenerwartungswert am grössten ist.

Bei einjähriger Umtriebszeit entfallen keine Zwischennutzungen, $q^u - 1$ ist gleich 0,0p. Der Walderwartungswert ist am Ende des Jahres vor dem Abtrieb $= A_1 + B = \frac{(A_1 - c)\,1{,}0p}{0{,}0p} - V$, am Anfang des Jahres ist er $= \frac{(A_1 - c)\,q^0}{q^1 - 1} = \frac{A_1 - c}{0{,}0p}$ $= B + c$, indem $B = \frac{A_1 - c\,1{,}0p}{0{,}0p}$.

Wir finden hier den Waldwert am Anfang des Jahres um c grösser als den Bodenwert, weil wir bei Berechnung jenes unterstellen, dass der Bestand bereits begründet ist, während der Formel des Bodenerwartungswertes der Gedanke zu Grunde liegt, dass die Kultur noch nicht ausgeführt worden ist.

Ist der Bestand zur Zeit abnorm, stellt er demgemäss andere Erträge in Aussicht, so ist natürlich die Grösse von W_e eine andere. Wenn der auf Grund abnormer

Erträge (bezw. Kosten) berechnete Bestandeserwartungswert $= HE_1$, so würde der Walderwartungswert sein $We_1 = HE_1 + B$.

Soll der Bestand nach $u - m$ Jahren abgetrieben werden, weil der Boden anderweit besser, etwa zu B_2 verwertbar ist, so könnte für den ganzen Wald gezahlt werden:

$$\frac{A + D_k q^{u-k} + B_2}{q^{u-m}} = HE + B_2.$$

Darf man annehmen, dass Erträge und Kosten sich ändern, etwa während einer längeren Reihe von Jahren durchschnittlich um t %, so würde einfach der Zinsfuss entsprechend zu erhöhen oder zu erniedrigen sein.

2. Bemessung des Waldkapitales nach den aufgewandten Kosten.

Der sog. Kostenwert eines Waldes mit m jährigem Bestande ist $=$

$$Wk_m = HK_m + B = (B + V + c)\,q^m - D_a q^{m-a} - V.$$

Für $B = B_u$ ist $HK = HE$, also auch $W_k = W_e$.

3. Bemessung des Waldkapitales nach den bei Waldverkäufen erzielten Erlösen.

Dieselbe ist natürlich nur anwendbar, wenn es sich um Waldungen von gleicher Lage und Beschaffenheit handelt und wenn ausserdem die für Zwecke des Verkaufs angestellten Schätzungen und Rechnungen als annehmbar erscheinen, Voraussetzungen, die nur selten erfüllt werden.

B. Die Betriebsklasse.

§ 42. Die Summe der Waldkostenwerte aller Einzelbestände ist gleich

$$(B + V + c)(q^0 + q^1 + \ldots q^{u-1}) - D_k(q^0 + q^1 + \ldots q^{u-k}) - uV.$$

$$= \frac{(B+V+c)(q^u - 1) - D_k(q^{u-k} - 1)}{0{,}0p} - uV.$$

Die Summe der Walderwartungswerte derselben ist

$$= \frac{(A_u + B + V)(q^u - 1) + D_k q^{u-k}(q^k - 1)}{q^u\, 0{,}0p} - uV.$$

Für die einjährige Umtriebszeit erhalten wir hier wie oben $W = \frac{A_1 - c}{0{,}0p} - V$, nämlich $W = B + H_0$, indem der eben begründete Bestand $H_0 = c$ und $B = \frac{A_1 - c\,1{,}0p}{0{,}0p}$ ist.

Aus beiden Formeln erhält man, wenn die Formel für B_u an Stelle von B eingesetzt wird:

$$\frac{A_u + D_k - c - uv}{0{,}0p}$$

d. h. da $A_u + D_k - c - uv$ der jährliche Waldreinertrag, so ist der Waldwert einfach gleich dem kapitalisierten Waldreinertrag. Die Summe aller zukünftigen Waldreinerträge ist gleich

$$(A_u + D_k - c - uv)\left\{\frac{1}{q} + \frac{1}{q^2} + \frac{1}{q^3} + \ldots\ldots\right\}.$$

Darf eine durchschnittliche jährliche Aenderung dieser Waldreinerträge um t % unterstellt werden, so ist zu setzen:

$$(A_u + D_k - c - uv)\left\{\frac{1{,}0t}{1{,}0p} + \frac{1{,}0t^2}{1{,}0p^2} + \frac{1{,}0t^3}{1{,}0p^3} + \ldots\right\}$$

$$= (A_u + D_k - c - uv)\,\frac{1{,}0t}{0{,}0p - 0{,}0t} \text{ oder, indem } p_1 = p - t$$

(bei einer Minderung: $+ t$), kurz wie oben

$$\frac{A_u + D_k - c - uv}{0{,}0p_1}.$$

Liegen Waldreinerträge der Vergangenheit aus einer längeren Reihe von Jahren vor, war die Wirtschaft eine durchschnittlich genügend normale, darf man ferner annehmen, dass die seitherige vorteilhafte wirtschaftliche Entwicklung in absehbarer Zeit nicht gestört wird, so darf man das Kapitalisierungsprozent entsprechend vermindern. Ueberhaupt ist es dann zweckmässiger, die Aenderung der Waldreinerträge, statt diejenigen der Preise, Erträge und Kosten im einzelnen zu verfolgen.

Natürlich gilt die Formel $\frac{A_u + D_k - c - uv}{0{,}0p}$ nur unter der Voraussetzung, dass der Waldreinertrag $A_u + D_k - c - uv$ dauernd weiter bezogen wird. Ist ein Wald für eine andere Umtriebszeit eingerichtet und erscheint der Uebergang zu einem höheren oder niedrigeren Umtrieb als wirtschaftlich geboten, so darf man auch nicht das Waldkapital auf die angegebene Grösse veranschlagen. Ist etwa eine Herabsetzung der Umtriebszeit am Platze, sind Etat und Hiebsfolge hinreichend festgestellt, so hätte man die Erwartungswerte der einzelnen Bestände festzusetzen. Für die jüngsten Bestände würden am zweckmässigsten die Kostenwerte berechnet werden.

Der Walderwartungswert des normalen Einzelbestandes erreicht zur selben Zeit sein Maximum wie der Bodenerwartungswert. Das Gleiche gilt von der Summe der Einzelbestände einer normalen Betriebsklasse. Diese Summe ist gleich:

$$H_0 + H_1 + H_2 + \ldots H_{u-1} + uB.$$

In dieser Formel dürfen wir allerdings nicht den Koeffizienten von B, nämlich u als veränderlich annehmen, denn die Fläche, um welche es sich handelt, ist eine fest gegebene. In Wirklichkeit freilich befinden sich unsere Waldungen nicht im Normalzustand. Aber auch für einen jährlichen Betrieb mit abnormer Altersklassenverteilung und abnormen Beständen würde der Walderwartungswert des Ganzen gleich der Summe der Walderwartungswerte der einzelnen Bestände sein und das Ganze ein Maximum für die verschiedenen Abtriebszeiten erreichen, für welche dasselbe je bei den Einzelbeständen eintritt.

§ 43. Der Ersatz, welcher für Beschädigung eines Waldes geleistet werden müsste, ist theoretisch sehr einfach zu berechnen. Der Eigentümer hat zu beanspruchen den Unterschied zwischen der Summe, die er ohne Beschädigung hätte ziehen können, und derjenigen, welche er wirklich erzielen kann. Muss ein m jähriger Bestand abgetrieben werden, fällt dem Waldeigentümer der Bestand A_m zu und kann er in normaler Weise weiter wirtschaften, so ist zu entschädigen $HE_m - A_m$. Wird der Bestand zum Teil vernichtet, so dass der Rest nur zu $\frac{1}{n} A_m$ verwertet werden kann, so hat der Waldeigentümer zu beanspruchen $HE_m - \frac{1}{n} A_m$. Erwachsen Schwierigkeiten für die Wiederkultur, muss dieselbe längere Zeit ausgesetzt werden, laufen unterdessen höhere Kosten für Verwaltung und Schutz auf, so ist hierfür Ersatz zu leisten. Gelingt z. B. die Kultur erst nach n Jahren und sind während dieser Zeit alljährlich k aufzuwenden, so ist, bezogen auf das Jahr n, als Ersatz zu gewähren:

$B(q^n - 1)$, d. h. die entgangenen Bodenrenten und ausserdem $\frac{k}{0{,}0p}(q^n - 1)$.

Hatte das Alter des Bestandes die Abtriebsreife bereits überschritten, so wird man keinen Erwartungswert berechnen. Der Eigentümer hätte gehabt $A_{u+x} + B$. Wird der Bestand vollständig vernichtet, ohne dass weitere Verluste erwachsen, so hat der Eigentümer nur A_{u+x} zu fordern. Ist endlich die Waldwirtschaft unvorteilhaft, der

Bodenwert negativ, ist aber der Eigentümer gezwungen, die gegebene Wirtschaft beizubehalten und nach jedem Abtrieb neu zu kultivieren, so hätte er gehabt, wenn nur der Abtriebsertrag A und der Bodenwert in Rechnung kommen, $\frac{A - B}{q_{u-m}}$; er hat nun, wenn der Bestand vollständig vernichtet wird, seinen nackten, nur mit Verlust aufzuforstenden Boden $= - B$. Als Ersatz ist ihm neben dem Wert des vernichteten Bestandes, nach der vollen Höhe desselben bemessen, noch die Differenz zwischen dem normalen Bodenwert und demjenigen negativen Bodenwert zu vergüten, welcher die ganze künftige Produktion beziffert. Wäre der normale Bodenwert $= B_u$, derjenige der künftigen Verlustwirtschaft $= - B_1$, so würde zu gewähren sein: $B_u - (- B_1) = B_u + B_1$.

Dass bei einem Waldkaufe, welcher eine zweckmässige Arrondierung, verhältnismässige Erhöhung der Erträge oder Minderung der Kosten ermöglicht, mehr gezahlt werden kann, als wenn der betr. Waldteil für sich bewirtschaftet werden müsste, möge hier nur angedeutet werden.

So leicht die theoretische Berechnung, so verwickelt ist oft die praktische Durchführung, weil es eben meist an brauchbaren Unterlagen für jene fehlt. Solche Schwierigkeiten sind nicht durch die Besonderheit des Rechnungsverfahrens, sondern durch die Natur der Sache begründet. Allerdings kann man sich über dieselben auch hinaussetzen, indem man nach Gutdünken entscheidet. Der gewissenhafte Praktiker wird sich jedoch bemühen, nach Tunlichkeit alle erforderlichen Unterlagen zu beschaffen, um mit Hilfe derselben und an der Hand einer gesunden Logik das Richtige zu treffen. Uebrigens werden bei streng logischem Denken viele der Widersprüche, welche man aufgefunden haben will, leicht zu lösen sein. Wer z. B. bei Enteignung von Waldgrund einen negativen Bodenwert herausrechnet, während der Boden nach Lage und Beschaffenheit anderweit wirklich besser verwertet werden kann, der verfährt eben nicht praktisch. In anderen Fällen wird oft von vornherein eine Vereinbarung zu treffen sein. So kann die Theorie nicht allgemein darüber befinden, wie Waldteilungen vorzunehmen sind. Gegenseitiges Einverständnis oder, im Mangel eines solchen, Gesetz oder Gerichtsentscheid haben zu erkennen, ob allen gleich viel an Fläche (nach der Grösse oder nach dem Bodenwert bemessen) unter Ausgleichung durch Holzanweisung während eines Uebergangszeitraums oder durch Herauszahlung in Geld, oder ob ihnen gleichviel an Waldwert zuzubilligen sei. Ob Boden- oder ob Waldteilung am Platze, dies kann nur nach Lage des Falls richtig beurteilt werden. Einen richtigen allen Anforderungen gerechten Teilungsplan aufzustellen, vermag nur ein geschulter Praktiker, welcher richtig zu rechnen versteht.

Ueber Servitutablösungen und Enteignungen ist das Nötige unten im Abschnitt „Forstpolitik" erörtert. Für das Rechnungsverfahren selbst bieten diese Gegenstände keine Besonderheiten, welche eine Behandlung derselben an dieser Stelle rechtfertigen könnten. Auch das Kapitel über Waldbesteuerung eignet sich wenig in eine Arbeit über Waldwertrechnung. Wenn letztere zeigt, wie Boden-, Wald- und Bestandeswert zu berechnen und wie das beste Wirtschaftsverfahren zu ermitteln sei, so ist ihre Aufgabe erschöpft. Die Erörterungen über Grundsätze der Besteuerung, Steuersysteme und Verfahren der Einsteuerung gehören in das Gebiet der Finanzwissenschaft. Im übrigen hat der Forstwirt, wenn er als Sachverständiger für die Einsteuerung zugezogen wird, in der Regel nur an der Hand der Instruktion seine Schätzungen und Rechnungen auszuführen. Inwieweit der Waldreinertrag oder statt dessen nur die Bodenrente zu besteuern, bei wem Servituten und Lasten zu treffen, ob und wie lange aufzuforstendes Gelände steuerfrei zu lassen, wie das Waldkapital zum

Zwecke der Erhebung einer Vermögenssteuer festzusetzen ist, und dergl., alles dieses kann nur nach der bestehenden Steuergesetzgebung eines Landes beurteilt werden. Für die letztere und die dabei zu erlassenden Instruktionen, soweit die Waldbesteuerung in Frage kommt, die richtigen leitenden Gesichtspunkte zu finden, ist theoretisch nicht schwer. Praktisch handelt es sich besonders darum, dass eine Gleichmässigkeit in der Besteuerung der verschiedenen Kulturarten eingehalten wird.

IX. Die Bestimmung der vorteilhaftesten Wirtschaft.

1. Allgemeines. Voraussetzungen.

§ 44. Als vorteilhafteste Wirtschaft ist immer diejenige anzusehen, bei welcher der Ueberschuss der zu erzielenden Werte über die für die Wirtschaft fortab erforderlichen Aufwendungen am grössten ist. Sind die Wirtschaftsziele immaterieller Natur und nicht gerade in Geld messbar, so sind sie doch mit den zu bringenden materiellen Opfern zu vergleichen. Die Gestaltung unserer gesamten wirtschaftlichen Lage hat darüber mit zu entscheiden, ob das erstrebte Gut die aufzuwendenden Kosten auch wirklich für uns wert sei. Solche Abwägungen sind weder für den Privaten, noch für den Staatshaushalt zu vermeiden. Auch darf bei denselben keineswegs das Gefühl die Rechnung vollständig ersetzen, vielmehr ist gerade in solchen Fällen gute Bemessung der Opfer und vorsichtige wirtschaftliche Erwägung doppelt geboten.

Waldwertrechnung und Statik bewegen sich natürlich nur innerhalb der Schranken, die ihnen durch anderweite Zwecke gesteckt sind. Erscheint die Bestockung eines Geländes in irgend welchem Interesse als erforderlich, wiegt dieses Interesse den Vorteil, der bei anderer Ausnutzung gezogen werden könnte, vollständig auf, so kommt die letztere überhaupt nicht in Frage. Bei Schutzwaldungen, die als solche erhalten werden müssen, könnte von einer landwirtschaftlichen Verwertung des Bodens, auch wenn sie grösseren Gewinn verspricht, gar keine Rede sein. Verlangt die Gesetzgebung oder im Staatswald einfach das Gesamtinteresse irgend welche Betriebsform, z. B. Femelbetrieb an steilen Gehängen, so brauchen wir Kahlschlag mit Stockrodung nicht in Rechnung zu ziehen. Solche Fragen sind von vornherein als entschieden zu betrachten, indem Gesetzgebung und Verwaltung darüber zu befinden hatten, ob der anderweite Zweck die erforderlichen Opfer hinreichend lohne. Im Interesse der Gesamtheit liegt es aber, dass auch in solchen Fällen nach dem Grundsatze der Wirtschaftlichkeit verfahren wird. Es ist darum von der vorteilhaftesten Wirtschaft nur so weit abzuweichen, als es zur Erreichung des als wichtiger betrachteten Zweckes wirklich geboten ist. In vielen, wenn nicht den meisten Schutzwaldungen, welche nur eine Bestockung des Bodens erheischen, wird übrigens auch die rentabelste Wirtschaft allen Anforderungen vollständig genügen können, so dass man in der Bestimmung der Wirtschaft (Wahl von Holzart, Betriebsart, Umtriebszeit) gar nicht oder doch nicht wesentlich beschränkt ist.

Das Gleiche gilt für den Privaten, der in der freien Benutzung seines Geländes durch Gesetz und Recht nicht weiter gehindert ist. Er hat von vornherein darüber zu entscheiden, ob er einen Boden der Waldwirtschaft widmen und in dieser bestimmte Wirtschaftsformen erhalten will, trotzdem dass dieselben nicht genügend rentieren. Aber innerhalb der Grenzen, welche durch anderweite Zwecke gesteckt sind, soll und muss er rechnen. Insbesondere aber muss er sowohl wie der Staat sich der Opfer voll bewusst sein, welche im Interesse jener Zwecke zu bringen sind.

Als eigentlich ganz selbstverständlich ist es zu bezeichnen, dass nur Wirtschaftsformen in Betracht kommen können, welche überhaupt technisch möglich sind.

Solche Formen, bei welchen die Verjüngung unmöglich oder die Bodenkraft wirklich vernichtet würde, entfallen ohne weiteres aus der Rechnung, wenn anders nicht absichtlich und mit vollem Bewusstsein eine Augenblickswirtschaft getrieben werden soll.

Der Unterschied zwischen natürlicher und künstlicher Verjüngung ist für unsere Frage von keiner grundsätzlichen Bedeutung. Diejenige Art der Bestandesbegründung ist eben am Platze, welche dauernd die vorteilhafteste ist. Sind die Kosten der künstlichen Kultur zu hoch, werden bei natürlicher Verjüngung in irgend welcher Wirtschaftsform (Femelbetrieb, Femelschlagbetrieb, horstweiser Femelbetrieb u. s. w.) brauchbarere Sortimente erzogen, verhältnismässig grosse Ersparungen erzielt, so kann dieselbe leicht den Vorzug vor jener verdienen. Bei der natürlichen Verjüngung kann man meist nur von einer unteren Grenze der Umtriebszeit (Eintritt der sog. Mannbarkeit) sprechen; es gibt darum auch nicht ein „physisches Haubarkeitsalter", vielmehr ist auf gegebenem Standort meist eine Wahl zwischen verschiedenen Abtriebszeiten möglich. Wird die Wirtschaft durch die natürliche Verjüngung allzusehr gebunden, so kann Nachhilfe und überhaupt menschlich bewusstes Eingreifen als rätlich erscheinen. Die Anschauung, als ob wir unsere Wirtschaft ganz dem Walten der Natur überlassen müssten, ist grundsätzlich zu verwerfen und dahin zu berichtigen, dass wir innerhalb der Schranken der physischen Möglichkeit das wählen, was uns als das beste erscheint. All' unsere wirtschaftliche Tätigkeit greift künstlich in das Spiel der Naturkräfte ein, der Landwirt sucht sich die letzteren nach Tunlichkeit dienstbar zu machen und besorgt die Saat etc. nach seinem Ermessen; der Forstwirt braucht in dieser Beziehung keine Ausnahme zu machen. In echt künstlicher Weise führt er im Niederwalde die Wiederverjüngung herbei, ohne zu warten, bis die Bäume guten und reichlichen Samen tragen; ebensogut können Saat und Pflanzung mit vollständig kahlem Abtrieb vor Eintritt der Mannbarkeit sich als vorteilhaft erweisen, selbst wenn sie zu besonderen Massregeln und Aufwendungen für Schutz und Erhaltung der Bodenkraft zwingen.

Der in der gedachten Beziehung gegen die Reinertragstheorie erhobene Vorwurf, ihre praktische Anwendung führe auf unmögliche Umtriebszeiten u. dergl., ist darum nicht begründet. Die heutige Preisgestaltung und die derzeitige Technik können immerhin in einmal vorliegenden Fällen rechnungsmässig zu solchen Ergebnissen hinleiten. Alsdann ist entweder überhaupt eine andere Benutzung des Bodens am Platze, oder es darf von einer Preisverschiebung eine Aenderung erwartet werden, oder endlich wir dürfen an die Technik weiter gehende Anforderungen stellen. Zur Zeit ist allerdings mit der einmal vorhandenen Lage der Dinge zu rechnen. Doch dürfen wir keineswegs die jetzigen Preisverhältnisse als dauernd annehmen. Das richtige Ziel der Wirtschaft kann eben nur sein, solche Zustände zu verwirklichen, bei welchen im allgemeinen wenigstens die Kosten gedeckt werden. Holzpreise, welche hierfür erforderlich sind, gehören durchaus nicht zu den Dingen der Unmöglichkeit. Endlich aber führen auch jetzige Preise zu Ergebnissen, welche praktisch keineswegs unbrauchbar sind. Die in Waldungen von Privaten so gut wie in solchen von Staat und Gemeinde tatsächlich eingehaltenen Umtriebszeiten sind meist gar nicht so hoch, als dass sie schlechthin als ausserhalb des Bereiches der Reinertragstheorie liegend bezeichnet werden dürften.

Im übrigen wolle man nicht glauben, die in Beispielen herausgerechneten Umtriebszeiten müssten auch wirklich angestrebt und insbesondere sofort eingeführt werden. Grundsätzlich will die Reinertragstheorie aus Zuständen, wie sie eben vorliegen, den grössten Vorteil gezogen wissen. Rechnet man nun etwa auf Grund einmal angenommener Preis- und Kostensätze eine Umtriebszeit heraus, welche weit unter dem

Alter der vorhandenen Altholzbestände liegt, und ist auch eine solche Umtriebszeit technisch für die Dauer möglich, so kann es doch gerade vom finanziellen Gesichtspunkte aus als unzulässig erscheinen, nun auch alle jene Bestände alsbald abzutreiben. Die in der Literatur mehrfach vertretene Annahme ist eben unzutreffend, als ob mit einer einmaligen Rechnung ein unverrückbares Ziel festgestellt und jede Abweichung von demselben als ein Abbröckeln am Prinzipe oder als ein Aufgeben desselben zu betrachten sei, welche durch Preisänderung oder auch dadurch veranlasst wird, dass die wirkliche Gestaltung der Dinge mit den Unterlagen der Rechnung nicht übereinstimmt. Das Wesen der Reinertragstheorie besteht keineswegs im starren Festhalten an einer Schablone. Ebenso hat auch der oft gegen dieselbe erhobene Einwand, sie wolle das Leben des Waldes in die Zwangsjacke einer Formel einengen, keine andere Bedeutung als die einer schönen Redewendung.

Sofern es sich nicht um Deckung des eigenen Bedarfs, sondern um Verkauf handelt, kann überhaupt nur eine solche Wirtschaft vorteilhaft sein, welche absatzfähige Güter liefert. Dieser selbstverständliche Satz bedarf in der forstlichen Literatur einer besonderen Hervorhebung, weil man hier nur zu oft der Annahme begegnet, die Reinertragstheorie, welche doch grundsätzlich die vorteilhafteste Wirtschaft erstrebt, führe unbedingt zu Wirtschaftsformen, welche keine brauchbare und marktfähige Ware lieferten. In erster Linie hat sich auch der Forstwirt die Frage vorzulegen, ob das Holz, welches er schlagen will, nach Menge und Form wirklich verkäuflich ist. Christbäume, Bohnenstangen und Leiterbäume können, in kleineren Mengen erzogen, allenfalls grossen Gewinn versprechen. Töricht aber würde es sein, wenn grosse Forstverwaltungen ihren ganzen Betrieb auf Erzielung solcher „Sortimente“ einrichten wollten. Hierfür fehlt die Voraussetzung der Absatzfähigkeit. Die Forstverwaltungen haben vor allem zu erwägen, welche Holzgattungen dauernd Aussicht auf sichere Nachfrage im grossen haben. Nur solche wären in Rechnung zu ziehen; andere könnten etwa in Einzelfällen in geringerer Menge in Frage kommen. Innerhalb der hierdurch bestimmten Grenzen wären Holzart und Umtriebszeit auf dem Wege des Kalküls und der Rechnung zu bestimmen. Insofern besteht denn auch zwischen dem sog. technischen Umtrieb, d. h. demjenigen, welcher technisch verwendbares Holz liefert, und zwischen den Forderungen der Reinertragstheorie kein Gegensatz. Letzterer ist nur darin zu finden, dass die Anhänger des technischen Umtriebs in aprioristischer Weise ihre Festsetzungen treffen, ohne bestimmen zu können, welche Lieferungen und in welcher Menge dieselben wirtschaftlich gerechtfertigt sind, während die Vertreter jener Theorie zwar ebenfalls nur wirklich verwendbares Material erziehen und verkaufen wollen, dagegen die Rechnung darüber entscheiden lassen, welche Holzarten, Sortimente und Mengen zu liefern sind.

Eine gewisse Regelmässigkeit des Absatzes liegt sowohl im Interesse des Waldeigentümers, wie in demjenigen des Holzverbrauchs. Man wird deshalb nicht immer für alle Bestände das gleiche Abtriebsalter festsetzen, auch wenn es sich von vornherein rechnungsmässig als das vorteilhafteste ergeben hat. Die Voraussetzungen, von welchen die Rechnung ausging, treffen etwa nicht zu, indem bei zu starken, allenfalls den Bewegungen der Nachfrage widersprechenden Schwankungen im Angebote ungünstigere Preise erzielt werden. Umgekehrt ist eine unabänderliche Festsetzung des Etats auf eine längere Reihe einzelner Jahre zu verwerfen, wie denn auch die deutschen Forstverwaltungen mehr und mehr die alte einseitige Schablone verlassen, welche bei gutem Stande des Marktes zu wenig, bei schlechtem dagegen zu viel zum Verkaufe bringt. Eine Formel für das richtige Verfahren lässt sich natürlich nicht aufstellen. Hier kann nur eine gut ausgebildete Statistik und eine kaufmännische

Schulung helfen, wie sie bei der naturgemässen Schwerfälligkeit grosser Verwaltungen leider nicht leicht zu Entwicklung und Geltung gelangen kann.

Dass auf technische Möglichkeit und wirtschaftliche Zweckmässigkeit der Hiebsfolge zu achten, dass ferner auf die Möglichkeit von Gefährdungen und daraus erwachsende Verluste Rücksicht zu nehmen ist, bedarf eigentlich keiner näheren Erörterung. Die in der forstlichen Literatur ausgesprochene Annahme, als ob die Anhänger der Reinertragstheorie, ohne auf mögliche Sturmgefahren oder auf zweckmässsige Abfuhr etc. zu achten, ihre Rechnungen anstellten und dass sie ohne weiteres alle Bestände niederlegen wollten, für welche diese Rechnungen eine Hiebsreife nachweisen, ist eben vollständig unzutreffend.

Innerhalb der genannten Grenzen ist diejenige Wirtschaft als die günstigste zu wählen, bei welcher der Ueberschuss der zu erzielenden Einnahmen über die hierfür erforderlichen Aufwendungen am grössten ist, welche also den vorhandenen Wald (Boden und Bestand) am vorteilhaftesten auswertet. Hierbei kommen, wie oben erwähnt, nur Erträge und Kosten der Zukunft in Betracht, solche der Vergangenheit sind für Bestimmung der einzuhaltenden Wirtschaft ohne Belang.

Zunächst wären alle zulässigen Benutzungsarten von Boden und Bestand zu untersuchen und zu vergleichen (landwirtschaftliche, forstliche Verwertung, Holz- und Betriebsart, Umtriebszeit etc.), und zu dem Ende hätte man für jede einzelne zu bestimmen, unter welchen Bedingungen bei ihr der Unterschied zwischen Einnahmen und Kosten am grössten ist. Solche Vergleichungen sind freilich keineswegs einfach und leicht, doch darf sie der Forstwirt, welcher mit Bewusstsein die beste Verwertung des ihm anvertrauten Gutes erstreben will, nicht umgehen, wenn auch mancher sogenannte Praktiker an Stelle der Rechnung lieber Herkommen, Vorurteil und Bequemlichkeit entscheiden lässt. Uebrigens ist zum Glück die Zahl der Vergleichungen nicht sehr gross, oft kann man sich auf wenige, ja auf eine einzige Holzart (Sandboden mit Kiefern) beschränken.

Ein Teil des Ertrags ist von Höhe und Art der Aufwendungen abhängig. Ein Mehraufwand ist angebracht, wenn er mindestens noch durch den demselben entsprechenden Mehrertrag gedeckt wird (vorteilhafteste Intensität). Kosten- und Ertragsteile, welche einander nicht beeinflussen, sind für sich möglichst gross oder möglichst klein zu machen. So ist z. B., soweit dadurch der technische Erfolg und damit der Ertrag nicht beeinträchtigt wird, das billigste Kulturverfahren auch das beste; umgekehrt kann eine teuere Kultur vorteilhaft sein, wenn entsprechend höhere Erträge durch sie veranlasst werden. Gleiches gilt vom Wegebau, von den Verwaltungskosten etc. Allerdings ist die Einrichtung der Verwaltung von hoher Bedeutung für den Erfolg der Wirtschaft. In Fragen der Waldwertrechnung, bei Bestimmung der Umtriebszeit, Holzart etc. dürfen jedoch die Kosten derselben als einmal fest gegeben angenommen werden.

Alle Wirtschaft hat es mit der Zukunft zu tun, alle Wirtschaft ist demnach auf die Spekulation angewiesen, keine vermag lediglich mit unzweifelhaft sicheren Zahlen zu rechnen. Darum spielt die Wahrscheinlichkeit in der Wirtschaft eine wichtige, bald mehr, bald weniger hervortretende, oft freilich von der Sorglosigkeit oder der Unkenntnis nicht beachtete Rolle. Die Summe, welche der Landwirt für Ackerbaugelände zahlt, ist nur unter der Annahme berechnet, dass die heutigen Zustände dauernde sein oder sich in bestimmter Richtung (Rentensteigerung) ändern werden. Solchen Voraussetzungen begegnen wir überall, in der Staats- wie in der Privatwirtschaft. Auch die Forstwirtschaft hat immer mit Wahrscheinlichkeitssätzen zu rechnen, so bei Aufstellung und Anwendung von Ertragstafeln, bei Bemessung des Einflusses

von Elementarereignissen, bei Fragen der Kultur, der Rodung, Bestandsumwandlung u. dergl. Ueber die hiermit verbundenen Schwierigkeiten kommt der Forstwirt nun einmal nicht hinaus und besteht in dieser Beziehung durchaus kein Unterschied zwischen verschiedenen Schulen. Wenn trotzdem gegen die Reinertragstheorie das Bedenken erhoben wird, dass sie mit der Zukunft rechnen wolle, so kann dies nur darin beruhen, dass die einen bemüht sind, mit Bewusstsein zu wirtschaften und die Wirtschaft soweit, als es in unseren Kräften steht, den Anforderungen der Gesellschaft anzupassen, während die anderen nicht zugestehen, dass sie in ähnlicher Weise verfahren, oder aber, wenn dies tatsächlich nicht der Fall, verlangen müssen, dass die Welt sich einseitigen forstlichen Anschauungen unterordne.

§ 45. Die interessanteste Frage der Waldwertrechnung ist unstreitig die der vorteilhaftesten Umtriebs- und Abtriebszeit. Alle übrigen Fragen sind einfacher zu lösen oder sie gehören ganz ausschliesslich in den Bereich der Praxis, während die Theorie sich mit Angabe von allgemein gehaltenen Grundsätzen bescheiden muss. So lässt sich für die Frage ob Forst- oder Landwirtschaft schlechterdings keine besondere Formel aufstellen. Und die Fragen der Bestandsdichte, der Durchforstungen, Mischungen etc. sind theoretisch sehr einfach zu behandeln, sobald diejenigen von Umtriebs- und Abtriebszeit erledigt sind.

Aus diesen Gründen bildete denn auch die Bestimmung der finanziellen Umtriebszeit (vorteilhafteste Umtriebszeit) von je das vornehmste Kapitel der forstlichen Statik und nur derjenige, welcher der Sache selbst fremd gegenüber steht, konnte ihr hieraus einen Vorwurf machen.

Unter der Umtriebszeit ist das erstrebte normale Abtriebsalter zu verstehen, welches für ein Betriebsganzes festgesetzt wurde und in welchem im Durchschnitt die einzelnen Bestände in Zukunft zum Hiebe gelangen sollen. Das Abtriebsalter ist dasjenige Alter, in welchem ein gegebener Bestand wirklich genutzt wird. Dasselbe kann von der Höhe der Umtriebszeit mehr oder weniger abweichen, sei es, dass der Bestand abnorm ist, dass Naturgefahren eingetreten sind, oder dass die Erstrebung eines regelmässigen Betriebes zu früherer oder späterer Einlegung des Hiebes zwingt, oder sei es endlich, dass die Lage des Marktes gebietet, die Verwertung zu einer anderen Zeit als derjenigen vorzunehmen, welche ursprünglich als die normale und vorteilhafteste berechnet wurde.

Betrachten wir einen einzelnen Bestand, so haben wir uns zunächst die Frage vorzulegen, wie der Boden bei etwaigem Abtriebe verwertet werden müsste. Eine solche Frage hat sich jede forstliche Schule zu stellen. Ist freie Wahl in der Benutzung zulässig, so sind alle praktisch möglichen Arten der Verwendung in Erwägung zu ziehen. So gestattet der forstliche Betrieb die Anzucht verschiedener Holzarten, verschiedene Grade der Durchforstung, Betriebsarten etc. und es wäre demnach auch zu untersuchen, welche forstliche Wirtschaftsform die günstigste ist, indem für jede einzelne die als wahrscheinlich zu unterstellenden Erträge und Kosten der Zukunft auf die Gegenwart bezogen werden. Diejenige Wirtschaft ist die vorteilhafteste, welche den grössten Ueberschuss der Erträge über die aufzuwendenden Kosten verspricht. Wie hierbei die Kosten zu verrechnen sind, wurde bereits oben erwähnt; der Eigentümer muss verlangen, dass er bei jeder Wirtschaft Kräfte und Mittel wenigstens zu demjenigen Betrage auszuwerten vermag, welcher ihm bei einer anderweiten Verwendung in Aussicht gestellt wird. Dass dieser Ueberschuss von dem Bodenerwartungswert abweichen kann (Abzüge durch Berechtigungen), bedarf keiner näheren Erörterung.

Für jede einzelne Holz- und Betriebsart wäre die finanzielle Umtriebszeit zu ermitteln. Nun handelt es sich bei Umtriebsbestimmungen um dauernde Verwendung des

Bodens. Man kann denselben darum auch ohne weiteres normale Durchschnittssätze (Preise, Kosten, Erträge) zu Grunde legen. Insoweit durch Berechtigungen Abzüge für den Waldeigentümer bedingt sind, braucht ein Vergleich zwischen Land- und Forstwirtschaft kaum ausgeführt zu werden. Es ist möglich, dass in solchen Fällen durch Einrechnung solcher Abzüge sich andere Umtriebszeiten als die vorteilhaftesten darstellen, als wenn die Erträge voll in Ansatz kommen. Doch wird gerade dann eine Wirtschaftsänderung in der Regel so lange unzulässig sein, als die Berechtigung noch auf dem Walde lastet; bezw. eine finanzielle Umtriebszeit könnte nur innerhalb der durch die Berechtigung gesteckten engen Grenzen ermittelt werden. Sehen wir von solchen Besonderheiten ab, so können wir ganz allgemein als *finanzielle Umtriebszeit diejenige* bezeichnen, *für welche der nach Durchschnittssätzen berechnete Bodenerwartungswert am grössten ist*, welche mithin die grösste Bodenrente in Aussicht stellt. Dürfen wir annehmen, dass die gegenwärtigen Preise, Kosten und Erträge sich wahrscheinlich nicht ändern, so ist auch mit diesen zu rechnen. Ist eine Aenderung als wahrscheinlich zu unterstellen, so sind dementsprechend andere Sätze in die Rechnung einzuführen, entweder andere Kosten und Erträge, sofern sich dieselben mit genügender Wahrscheinlichkeit feststellen lassen, oder man rechnet, wie oben ausgeführt, mit den gegenwärtigen Sätzen und ändert in entsprechender Weise den Zinsfuss. Dies Verfahren ist durch die Natur der Sache bedingt, es giebt kein anderes, welches einen Anspruch auf logische Begründung erheben kann.

Günstige oder ungünstige Verhältnisse persönlicher Natur (persönliche Tüchtigkeit, vorzügliche Begabung in der Beurteilung und Ausnutzung der Lage des Holzmarktes, anderweite Verwendbarkeit der Arbeitskräfte), überhaupt solche, welche vorübergehender Art sind, spielen bei Bestimmung der Abtriebszeit, nicht aber bei derjenigen der Umtriebszeit eine Rolle. Hiernach hatte auch Heyer entschieden Recht, wenn er sich des allgemeinen Ausdrucks Gewinn (Unternehmergewinn) bediente, nach dem Maximum desselben die finanzielle Umtriebszeit bestimmt wissen wollte und fand, dass diese Umtriebszeit eben diejenige ist, bei welcher der Bodenerwartungswert seinen höchsten Betrag erreicht, und sind darum auch die in der gedachten Beziehung gegen ihn erhobenen Einwendungen unbegründet. Den sogenannten Bodenkostenwert brauchen wir in der Rechnung freilich nicht weiter zu berücksichtigen, so dass wir das Maximum von $B_x - B$ bestimmten. Denn einmal ist derselbe konstant, dann aber brauchen Ausgaben und Einnahmen der Vergangenheit hier überhaupt grundsätzlich nicht berücksichtigt zu werden. Der sogenannte Bodenkostenwert könnte hier nur insofern eine Rolle spielen, als unter demselben die Summe zu verstehen ist, zu welcher bei durchschnittlich üblicher Bewirtschaftung der Boden ausgenutzt werden kann, und als es sich nun darum handelt zu untersuchen, ob eine andere Wirtschaft vorteilhafter ist.

Bei einem Vergleiche zwischen Land- und Forstwirtschaft werden günstige und ungünstige Verhältnisse persönlicher Natur sowie überhaupt Umstände vorübergehender Art (Marktlage, Art der Bestockung, insbesondere Abnormität etc.) die Entscheidung über Rodung und Aufforstung doch nur zeitlich verschieben. Im übrigen wäre auch hier einfach der nach Durchschnittssätzen berechnete Bodenerwartungswert der Landwirtschaft mit demjenigen der Forstwirtschaft zu vergleichen. Ist ersterer grösser als der letztere, ist also nach menschlichem Ermessen die Landwirtschaft dauernd vorteilhafter als die Forstwirtschaft, so ist vom finanziellen Standpunkt aus Rodung am Platze, im entgegengesetzten Falle braucht der landwirtschaftliche Bodenerwartungswert in der Rechnung überhaupt nicht weiter berücksichtigt zu werden. Im allgemeinen wird mit Erniedrigung des Zinsfusses die Waldwirtschaft, mit Erhöhung des-

selben die Landwirtschaft rentabler. Unterstellen wir der Einfachheit halber nur Haubarkeitserträge, so haben wir in der Landwirtschaft $B = \frac{r}{0,0p}$, in der Forstwirtschaft $B = \frac{A}{1,0p^u - 1}$. Sind land- und forstwirtschaftliche Benutzung gleich günstig, so ist

$$r = \frac{A\,0,0p}{1,0p^u - 1} = \frac{A}{u + \frac{u(u-1)}{1.2}\,0,0p + \ldots}$$

Je kleiner p, um so grösser muss r werden, wenn die Landwirtschaft ebenso vorteilhaft bleiben soll, wie die Forstwirtschaft und umgekehrt.

Dass bei der Frage, ob der Boden nicht etwa landwirtschaftlicher Kultur zuzuwenden, die Kosten der Rodung und der erstmaligen Bodenbearbeitung in Rechnung zu ziehen sind, bedarf wohl keiner besonderen Hervorhebung.

Allerdings wird der Forstwirt nur selten imstande sein, landwirtschaftliche Rechnungen auszuführen. Er hat dann fremde Hilfe in Anspruch zu nehmen oder er kann einfach übliche Kaufpreise unterstellen. In vielen Fällen, wo auch dies ausgeschlossen ist, wird die landwirtschaftliche Verwertung des Bodens überhaupt nicht in Frage kommen, wie inmitten grosser Waldgebiete, im Hochgebirge etc.

(Zur Zeit der Herausgabe der 2. Auflage ist bei der herrschenden Notlage der Landwirtschaft die Aufforstung unrentablen Agrikulturgeländes von grösserer Bedeutung als umgekehrt die Umwandlung von Wald in Feld. H. Str.)

Sind Verkauf und Landwirtschaft wie überhaupt eine anderweite Benutzung ausgeschlossen, so ist der höchste Bodenerwartungswert bei forstlicher Verwendung des Bodens anzunehmen. Derselbe hätte darüber zu entscheiden, welche Holzart, Betriebsart etc. am Platze ist. Ist überhaupt keine Umwandlung nötig, so ist eben nur für die vorhandene Holz- und Betriebsart die Rechnung auszuführen.

Ueber die vorteilhafteste Höhe der fortab anzustrebenden Umtriebszeit lassen sich keine bestimmten allgemein giltigen Zahlen aufstellen. Viele Forstwirte waren seither vorzüglich deswegen Gegner der Reinertragstheorie, weil Rechnungen in gegebenen Fällen, gestützt auf eine bestimmte Gestaltung der Technik und auf einmal vorliegende Preise, auf niedrige Umtriebe hinwiesen, welche praktisch als unvorteilhaft verworfen werden mussten. Doch sind, wie oben erwähnt, die in dieser Beziehung gehegten Befürchtungen nicht begründet. Sind allerdings schwache Sortimente zu den angesetzten Preisen mit Vorteil dauernd selbst in grösseren Mengen verkäuflich, vermag die Technik die Erträge nicht zu erhöhen (Durchforstung, Mischung, Lichtungszuwachs) und ist nicht zu erwarten, dass die Preise stärkerer Hölzer genügend steigen werden, so muss der Forstwirt sich eben mit niederen Umtrieben bescheiden, wenn auch das für schöne Wälder schwärmende Herz des Technikers dabei ein wenig blutet. Er hat sich an den Gedanken zu gewöhnen, dass nicht seine Vorliebe für bestimmte Wirtschaftsformen und Holzarten in Waldungen den Ausschlag geben darf, welche nicht lediglich ihm, sondern dritten Vorteil bringen sollen.

Hohe Umtriebszeiten werden insbesondere sich als vorteilhaft berechnen, wenn mittelaltes Holz gar nicht oder nicht mit Vorteil abzusetzen ist, während die Preise starker Sortimente verhältnismässig hoch sind. Niedrige Umtriebszeiten liefern vorwiegend oder ausschliesslich Brennholz, Ernte- und Transportkosten sind verhältnismässig hoch; mit zunehmendem Bestandesalter wird mehr Nutzholz gewonnen, insbesondere solches, dessen Preis bis zu gewisser Grenze hin mit dem Alter steigt; auch können die Kosten der Gewinnung sich erniedrigen, infolge dessen denn auch höhere

Umtriebszeiten vorteilhafter sein als niedere. Vorzüglich aber wird man im Hochgebirge schon leicht auf hohe Umtriebszeiten kommen. Schwächeres Holz ist hier nicht verwertbar, der Erlös für solches reicht schon bis zu einem ansehnlichen Alter hin nicht zu, um Ernte- und Transportkosten zu decken, Durchforstungen kommen nicht zur Ausführung, der Boden ist anderweit nicht nutzbar, Aufwendungen für Kulturen werden allenfalls nur in geringem Grade in Form von Nachhilfen gemacht, und die Verwaltungskosten sind für alle Umtriebszeiten, welche überhaupt nur in Frage kommen können, von der gleichen Höhe.

Soll die Umtriebszeit z vorteilhafter sein wie die Umtriebszeit x, so müsste sein

$$\frac{A_z - c}{q^z - 1} - c - V > \frac{A_x - c}{q^x - 1} - c - V \text{ oder}$$

$$\frac{A_z - c}{A_x - c} > \frac{q^z - 1}{q^x - 1}.$$

Für $A_x - c = 1$, $x = 100$, $z = 150$ und $q = 1{,}03$, müsste $A_z - c = 4{,}6$ sein. Ist der jährliche Zuwachs an Masse $= 0{,}5\,\%$, so müsste der Preis in 50 Jahren sich wenigstens auf das $3^1/_2$fache von demjenigen des 100jährigen Holzes erhöhen. Für $x = 80$ würde $A_z - c$ schon $= 8{,}6$ sein müssen. Ueberhaupt wird, wenn Holz im Alter von 70 und 80 Jahren bereits mit Vorteil verkäuflich ist, der Zuwachs an Masse und Güte recht ansehnlich sein müssen, sobald hohe Umtriebe von 150 oder mehr Jahren noch lohnend sein sollen.

Im Hochgebirge mögen solche hohe Umtriebszeiten sich leicht als vorteilhaft erweisen, in der Ebene mit dichter Bevölkerung, entwickeltem Verkehr und guten Preisen auch von jüngerem und mittelaltem Holze werden sie sich nicht halten lassen. Allerdings kann hier auch durch die Technik die Umtriebszeit hinausgeschoben werden, indem starke Lichtungen das zu verzinsende Bestandeskapital mindern und gleichzeitig den Zuwachs der verbleibenden Stämme erheblich steigern. Wie gross der Einfluss solcher Massregeln in der gedachten Beziehung ist, dies müssen anzustellende praktische Versuche und Untersuchungen lehren. Uebrigens hat die Praxis auch bei den herrschenden Betriebs- und Nutzungsarten dem Gedanken, dass bei gutem Preisstande ein langes Ueberhalten nicht rätlich sei, bereits Rechnung getragen. In vielen Teilen von Deutschland kommen Althölzer als Zeugen eines früheren Riesengeschlechtes nur noch in vereinzelten Exemplaren vor. Und in anderen Gegenden, wo sie aus Mangel an Verkehrsmitteln erhalten werden mussten oder wo man hyperkonservativ wirtschaftete, würde man gern mit den vorhandenen Vorräten recht rasch aufräumen, um sich gegen die Verluste durch Abständigwerden und Kernfäule zu schützen, wenn nur eine solche Räumung möglich wäre.

Nun ist freilich die Rechnung, welche zur Ermittelung der vorteilhaftesten Umtriebszeit anzustellen ist, mit Schwierigkeiten verknüpft. Irrungen sind leicht möglich, doch kann die Reinertragstheorie nicht dafür verantwortlich gemacht werden, dass die Bäume ein so hohes Alter erreichen und dass der Mensch nicht lediglich sorglos an den Augenblick denken darf, indem er nach überlieferter Schablone weiter wirtschaftet.

Im übrigen darf der Forstwirt es als ein Glück bezeichnen, dass Rechnungsfehler keinen grossen Einfluss ausüben. Die Abtriebszeit wird nicht erheblich geändert, wenn in die für Bestimmung derselben dienende Formel eine etwas zu hohe oder zu kleine Grösse B eingestellt wird. Die Unterschiede gegen den richtig berechneten Bodenerwartungswert müssen schon recht ansehnliche sein, wenn dadurch die Abtriebszeit um mehrere Jahre verschoben werden soll. Meist kann man ohne praktisch nennenswerten Fehler eine durchschnittliche, allgemein als zutreffend angenommene Grösse einstellen.

Auf Grund der oben hervorgehobenen Erwägungen hätte man zunächst die Grenzen festzustellen, innerhalb deren die Umtriebszeit sich überhaupt nur wird be-

wegen können. Damit ist schon von vornherein der Spielraum von Fehlern und Irrungen eingeschränkt. Hierauf berechnet man innerhalb dieser Grenzen die Bodenwerte auf Grund von Sätzen, die nach sachgemässem menschlichem Ermessen als zutreffend gelten dürfen. Meist freilich hat es seither an solchen Unterlagen gefehlt. Dieselben sind erst z. T. durch das Versuchswesen gewonnen, vieles ist noch durch örtliche Erfahrungen und statistische Erhebungen zu beschaffen. Sind ja doch noch viele Sätze unserer Techniker trotzdem, dass sie nur auf induktivem Wege gewonnen werden können, rein aprioristischer Natur. Bedürfen doch gar manche der sog. erprobten praktischen Wirtschaftsregeln, von denen die einen nur vereinzelten Beobachtungen entsprungen, die anderen aus einem einfachen Credo hervorgegangen sind, noch einer Prüfung, Bestätigung oder Berichtigung durch sorgfältige Beobachtung und Messung.

In solchen Fällen bleibt nichts anderes übrig, als nach bestem Ermessen zu entscheiden. Liefert eine bereits eingeführte Umtriebszeit brauchbare marktgängige Ware, darf man von einer Erhöhung zunächst keine lohnende Besserung erwarten, darf man ferner nach den Ergebnissen, die in anderen Waldungen gewonnen wurden, annehmen, dass auch mit einer Erniedrigung keine erheblichen Vorteile erzielt werden, so liegt kein Grund zu einer Aenderung vor. Eine solche ist nur am Platze, wenn sie mit genügender Wahrscheinlichkeit als vorteilhaft gerechtfertigt werden kann. Einen Sprung ins Dunkele zu machen, entspricht keineswegs den Forderungen einer gesunden Reinertragstheorie.

Wohl in den meisten deutschen Waldungen, in welchen nicht noch belangreiche Vorräte an überhaubaren Althölzern aufgespeichert sind, kann man zunächst an der einmal gegebenen Umtriebszeit festhalten.

Unter der Hand und zwar insbesondere auch auf Grund örtlicher Erfahrungen sind die Grundlagen zu gewinnen, mit deren Hilfe genauere rechnerische Prüfungen der herrschenden Umtriebe vorgenommen und unter Umständen Aenderungen für zweckmässig befunden werden können. Und in eben diesem Masse lassen sich solche Untersuchungen zur Bestimmung der vorteilhaftesten Abtriebszeiten verwerten. Praktisch kommen übrigens auch nur diese letzteren in Betracht. Bestimmt, für die nächsten 100 und mehr Jahre genau bindende Vorschriften lassen sich nun einmal doch nicht treffen. Man baue deshalb von den für den Standort passenden Holzarten diejenigen an, welche wahrscheinlich Aussicht auf lohnenden Absatz haben, schütze und pflege die jüngeren und mittelalten Hölzer, während die vorhandenen älteren den eigentlichen Gegenstand für Ertragsregelung und Statik bilden.

2. Das Rechnungsverfahren.

§ 46. Das Rechnungsverfahren ist nun einfach das folgende.

a. Walderwartungswert, Maximum desselben.

Bleibt der m jährige Bestand noch $x - m$ Jahre stehen, so wächst er an auf A^x. Ausserdem gehen noch Zwischennutzungen ein in der auf die Zeit n bezogenen Summe D_n. An Kosten laufen auf bis zum Ende der $x - m$ Jahre: $V(q^{x-m} - 1)$. Endlich steht nach erfolgtem Abtrieb der Boden mit einer Kapitalhöhe von B zur Verfügung. Die gesamte Summe, abzüglich der Kosten, beläuft sich demnach, bezogen auf das Jahr $x - m$, auf

$$A_x + D_n\, q^{x-m} + B - V(q^{x-m} - 1).$$

Auf das Jahr m bezogen, ist dieselbe gleich dem Walderwartungswert:

$$W_x = \frac{A_x + B + V}{q^{x-m}} + \frac{D_n}{q^{n-m}} - V.$$

Diejenige Abtriebszeit ist nun die vorteilhafteste, für welche dieser Walderwartungswert seinen höchsten Betrag erreicht.

Würde der Bestand noch bis zum Alter y stehen bleiben und würde nach dem Jahre x, etwa zur Zeit r, noch eine Durchforstung (Zwischennutzung) erzielt, so hätten wir einen Walderwartungswert von:

$$W_y = \frac{A_y + B + V}{q^{y-m}} + \frac{D_n}{q^{n-m}} + \frac{D_r}{q^{r-m}} - V.$$

Nun ist zu vergleichen, ob $W_y \lesseqgtr W_x$ oder

$$\frac{A_y + B + V}{q^y} + \frac{D_r}{q^r} \lesseqgtr \frac{A_x + B + V}{q^x}.$$

Ist $W_y > W_x$, so würde der Bestand weiter zu erhalten sein, im entgegengesetzten Falle müsste er, wenn er das Alter x erreicht hat, abgetrieben werden.

Oft hat man gegen die Reinertragstheorie den Vorwurf erhoben, sie habe sich mit Bestimmung der Preise einer fernen Zukunft, ja der Unendlichkeit zu befassen. Solche Einwendungen sind jedoch von keinem Gewicht. Etwaige Veränderungen, die in ferner Zeit eintreten können, werden nur so weit in Rechnung gezogen, als sie als wahrscheinlich gelten dürfen. Sie finden vorzüglich ihren Ausdruck im Zinsfuss, wie dies bei Bodenwertsberechnungen in der Landwirtschaft von jeher der Fall gewesen. Auf genaue Bestimmungen muss man dabei natürlich verzichten; doch ist die Erzielung einer scharfen Genauigkeit für unsere Zwecke nicht von grosser praktischer Bedeutung, da sie nur auf die Grösse von B einen Einfluss ausübt. Sind Aenderungen nicht mit genügenden Gründen als wahrscheinlich anzunehmen, so rechnet man mit den jetzt vorliegenden Sätzen.

Ueber die Notwendigkeit, das Bodenkapital aus seinen Erträgen zu bestimmen, kommt übrigens keine Schule hinaus, wenn man sich auch in der Praxis die Sache gerne dadurch etwas erleichtert, dass man Ergebnisse benutzt, zu denen andere bereits gelangt sind. (Erlöse aus Verkäufen.) Allerdings denken diejenigen, welche von einem „Bodenwert" und von der Bestimmung desselben sprechen, in der Regel nicht daran, dass sie hierbei von der gleichen Unterstellung ausgehen, welche ihnen als bedenklich erscheint, sobald ihnen die Entwicklung der Formel vor Augen geführt wird.

Ist nun einmal die Grösse B bestimmt, so handelt es sich in unserer Formel nicht mehr um eine so fernliegende Zukunft, sondern nur um einen Zeitraum, der bis zum Abtrieb verfliesst. Solche Zeiträume hat aber wieder der Forstwirt überhaupt ins Auge zu fassen und zwar nicht allein der Anhänger des grössten Boden- oder Waldreintrags, sondern auch derjenige des grössten Massenertrages. Eine solche Notwendigkeit entspringt der Natur der Wirtschaft; nur irrige Auffassung und Vorurteil vermögen dies zu verkennen und zu übersehen, dass zwischen der Theorie, welche die Hiebsreife nach dem grössten Walderwartungswert, und derjenigen, welche sie nach dem grössten Durchschnittsertrage (Waldreinertrag) bestimmt, nur der Unterschied besteht, dass erstere mit Zinsen rechnet und diskontiert, letztere aber auf die zeitliche Verschiedenheit des Eingangs von Erträgen und der Verausgabung von Kosten gar keine Rücksicht nimmt.

Ganz allgemein wäre in unserer Formel für B die höchste Summe einzustellen, welche unter den gegebenen Umständen erreichbar ist. Kann der Boden nach dem Abtrieb mit Vorteil anderweit, etwa landwirtschaftlich verwandt werden, so ist die Summe anzunehmen, welche man aus einer solchen Benützung zu erzielen hoffen darf. Das Gleiche gilt, wenn für den Eigentümer ein gewinnreicher, zeitlich nicht näher

bestimmter Verkauf in Betracht kommen kann. Ist aber die forstliche Verwertung vorteilhafter, oder muss aus irgend welchem Grunde die Forstwirtschaft dauernd beibehalten werden, so wäre der Bodenerwartungswert und zwar, wenn man in der Wahl der Wirtschaft unbeschränkt ist, das Maximum desselben einzustellen, dementsprechend auch, wenn die Wirtschaft nicht frei gegeben ist, das Maximum, wie es sich für die zulässigen Verwendungsweisen berechnet.

Ist der Bestand normal, so kommen wir bei Unterstellung des Maximums des Bodenerwartungswertes auf die oben S. 124 entwickelte Formel, finanzielles Abtriebsalter und finanzielle Umtriebszeit fallen zusammen.

Ob der Bestand abnorm oder normal ist, bleibt sich übrigens für die Art der Berechnung gleich. Jedenfalls sind diejenigen Erträge einzustellen, welche tatsächlich in Aussicht stehen, bezw. als beziehbar angenommen werden dürfen. Die möglichst zuverlässige Ermittelung derselben ist eine Aufgabe der forstlichen Technik.

Nun kann der Walderwartungswert verschiedene Maxima erreichen, insbesondere auch dann, wenn man sich nicht mit mässigen Durchforstungen begnügt, sondern dieselben auf die herrschenden Stämme ausdehnt und dann weitere den Zuwachs fördernde Durchhauungen allzulange anstehen lässt. Alsdann hätte das absolute Maximum zu entscheiden. Im übrigen wären Schwankungen im aufsteigenden Verlauf durch eine richtige Durchforstungspraxis möglichst zu beseitigen.

b. Die laufende Verzinsung.

§ 47. Das Wesen der laufenden Verzinsung ist die Zunahme eines Bestandeswertes im Vergleich zum Jetztwert desselben und zu den bei seinem Fortwachsen noch erforderlichen Aufwendungen. Formelmässig haben wir folgende Darstellung: Aus der in § 46 mitgeteilten Formel $W_y \lesseqgtr W_x$ erhalten wir

$$(A_y + B + V)\, q^x + D_r\, q^{y+x-r} \lesseqgtr (A_x + B + V)\, q^y \text{ oder}$$
$$A_y - A_x + D_r\, q^{y-r} \lesseqgtr A_x + B + V)\,(q^{y-x} - 1) \text{ oder}$$
$$A_y - A_x + D_r\, q^{y-r} = (A_x + B + V)\,(w^{y-x} - 1).$$

Ist $w > q$, so hätte der Bestand bis zum Jahre y noch stehen zu bleiben, im entgegengesetzten Falle ist er im Jahre x zu hauen. Jedenfalls müssen die zu erzielenden Mehreinnahmen ausreichen, um die im Jahre x verfügbare Summe $A_x + B + V$ (nämlich B durch Neukultur oder anderweite Verwendung, A_x durch Abtrieb und Verkauf oder sonstige Ausnutzung genügend zu verzinsen[17]).

Ist nun der Gang der Durchforstungen bereits festgelegt, und kommt nur noch der Abtrieb in Frage, so hätten wir das Maximum von

$$W_x = \frac{A_x + B + V}{q^{x-m}} + \frac{D_n}{q^{n-m}} - V$$

zu bestimmen. Es ist nur durch Probieren ausfindig zu machen, wann solches eintreten wird. So lange die Wertszunahme des Bestandes eine solche ist, dass sich dabei noch ein Ueberschuss über die Zinsen des Bestandeswertes nebst denjenigen des Boden- und des Verwaltungskostenkapitales, alles nach dem angenommenen Wirtschaftszinsfuss gerechnet, ergiebt, ist das Fortwachsenlassen finanziell gerechtfertigt.

Die Abtriebsreife tritt zu der Zeit ein, in welcher diese Verzinsung gerade die geforderte Höhe von p⁰/₀ erreicht.

Unterstellen wir als Zeiteinheit ein Jahr, so erhalten wir den laufend-jährlichen Zuwachs $A_{x+1} - A_x$, und wir kommen zur Formel

17) V braucht nicht tatsächlich vorhanden zu sein. Es genügt, dass v, als Zins von V betrachtet, anderweit verwertbar ist.

$$\frac{A_{x+1} - A^x}{A_x + B + V} = 0{,}0\,w.$$

Unsere Formel ist die der **laufend-jährlichen Verzinsung** (Benennung von G. **Heyer**) oder des **Weiserprozentes** (Benennung von **Pressler**). Der ihr zu Grunde liegende Gedanke ist einfach identisch mit demjenigen der Bestimmung des grössten aus der Wirtschaft zu ziehenden Gewinnes. Von einem Unterschiede oder gar einem Gegensatz beider Autoren kann hier keine Rede sein. Heyer hatte bei seiner Art der Ableitung im Nenner statt A_x den mit dem Maximum des Bodenwertes berechneten Bestandeskostenwert $H\,K_x$, Pressler bei der seinen ausser $A_x + B + V$ noch das sog. Kulturkostenkapital C_x stehen.

Heyer bildete sich die zu verzinsenden Kapitalien zunächst aus den wirklich aufgelaufenen Kosten, unterstellte aber dann, seinen Anschauungen entsprechend, die normalen Kosten der Gegenwart und demgemäss das Maximum des Bodenerwartungswertes. Unter dieser Voraussetzung führt die Verzinsungsformel auch für normale Verhältnisse (Bestockung, Zuwachs, fernere Erhaltung der Waldwirtschaft) zu einem richtigen Ergebnisse. Pressler ging ebenfalls von dem Gedanken aus, dass die im Walde werbenden Kapitalien voll zu verzinsen seien. Als solche Kapitalien stellten sich ihm Boden, Bestand, Verwaltungskosten und Kulturkosten dar. Dieser Gedankengang kann aber leicht zu irrigen Annahmen führen. Das Bodenkapital ist kein von vornherein fest bestimmtes, wie denn in der Tat die Frage, welcher Bodenwert im Weiserprozent einzustellen sei, zu verschiedenen literarischen Erörterungen Veranlassung gegeben hat. Dann ist das Kulturkapital im Weiserprozent zu streichen; seine Einstellung führt zu einer anderen Abtriebszeit als der finanziellen; ist aber auch dieser Umstand von keiner erheblichen praktischen Bedeutung, so bildet doch die Beibehaltung des Kulturkapitals einen unnötigen Ballast in der Formel.

Einfach und sicher kommt man zum richtigen Ziele, wenn man sich immer auf den Standpunkt der Gegenwart stellt und die in Aussicht stehenden Erträge und Kosten der einen Wirtschaftsweise mit denen der anderen vergleicht. Dieser Gedankengang führt aber nicht allein zum richtigen Ziele, sondern er enthebt uns auch der unnötigen Erörterung gar mancher Fragen, welche bislang Schwierigkeiten bereiteten und zu Meinungsverschiedenheiten Veranlassung geben.

Für den Fall, dass der Bestand normal ist, zeigt natürlich auch unsere Formel ein Zusammenfallen von Abtriebs- und Umtriebszeit an.

§ 48. Aus der Vergleichung der Walderwartungswerte

$$\frac{A_{x+1} + B + V}{q^{x+1-m}} \lesseqgtr \frac{A^x + B + V}{q^{x-m}}$$

erhalten wir $A_{x+1} + B + V \gtreqless (A_x + B + V)\ 1{,}0p$ oder

$A_{x+1} - (B + V)\,0{,}0\,p \lesseqgtr A_x\ 1{,}0p.$ Ebenso können wir

statt $\dfrac{A_{x+1} - A_x}{B + V + A_x} = 0{,}0\,w$ auch $\dfrac{A_{x+1} - A_x - (B + V)\,0{,}0\,p}{A_x} = 0{,}0\,w$

oder noch kürzer $\dfrac{A_{x+1} - (B + V)\,0{,}0\,p}{A_x} = 1{,}0\,w$ setzen.

Die letztere Form führt natürlich auch auf die richtige Arbeitszeit. Für dieselbe berechnen sich vor Eintritt der finanziellen Hiebsreife grössere, nachher kleinere Prozente wie für die vorhergehende, wie sich leicht ergiebt, wenn wir vergleichen.

$$\frac{A_{x+1} - (B + V)\,0{,}0\,p}{A_x} \lesseqgtr \frac{A_{x+1} - A_x}{A_x + B + V} \cdot + 1,$$ woraus wir erhalten

$$A_{x+1} - A_x \lesseqgtr A_x + B + V)\ \frac{p}{100}.$$

Die letztere Form ist insofern für Bestimmung der finanziellen Hiebsreife brauchbarer als die erste.

Ist B zu hoch veranschlagt, so wird das Prozent der laufenden Verzinsung schon vor der Zeit der Hiebsreife gleich p, der Abtrieb würde zu früh eintreten. Ist dagegen B zu niedrig bemessen, so ist w längere Zeit grösser als p, der Abtrieb würde dadurch verspätet werden. Uebrigens ist der Einfluss von Schätzungsfehlern nicht gross.

Die Grösse w ist weit mehr von einer richtigen Bemessung des vorhandenen Bestandes und des demnächst zu erwartenden Zuwachses als von der Grösse B beeinflusst. Und solche Zuwachsschätzungen vorzunehmen, ist Aufgabe des Forstwirts überhaupt, gleichgiltig, welcher Richtung er zugezählt sein will. Bei niederen Umtrieben, insbesondere bei dem Niederwaldbetriebe wird man überhaupt nicht einen Bestand von Zeit zu Zeit auf seine Hiebsreife prüfen wollen oder es ist $A_{x+n} - A_x$ schon verhältnismässig gross genug, so dass man sich gegen grössere Rechnungsfehler sichern kann.

Nun wird man freilich nicht von Jahr zu Jahr Zuwachserhebungen ausführen können. Solche Untersuchungen sind auf längere Zeitabschnitte auszudehnen, um auf Grund derselben den durchschnittlich-jährlichen Zuwachs zu berechnen. Umfasst ein solcher Zeitraum a Jahre, in denen noch eine Zwischennutzung D_n eingehe, so hätten wir zu vergleichen

$$A_{m+a} + D_n q^{m+a-n} + B - V (q^a - 1) \lesseqgtr (B + A_m) q_a .$$

Statt dessen können wir auch setzen

$$A_{m+a} + D_n q^{m+a-n} - (B + V) (q^a - 1) = A_m w_a$$

und

$$w = \sqrt[a]{\frac{A_{m+a} + D_n q^{m+a-n} - (B+V) (q^a - 1)}{A_m}}$$

Man hat in dieser Formel wohl auch schon für die Zwischennutzungen ein höheres Prozent als p mit der Begründung unterstellt, dieselben könnten nach ihrer Einerntung mit einem solchen höheren Prozente anwachsen zu einem Betrage $D_n q_1^{m+a-n} > D_n q^{m+a-n}$. Ist dies richtig, dann müssen wir überhaupt mit einem höheren Prozente p_1 statt p rechnen. Denn A_m könnte ja ebenfalls, sobald jetzt der Abtrieb erfolgte, bis zur Zeit $m + a$ zum Betrage $A_m q_1^a$ anwachsen. Wir haben doch nur zu vergleichen

$$\frac{A_{m+a} + B + V}{q^a} + \frac{D_n}{q^{n-m}} - (B + V) - A_m \lesseqgtr 0.$$

Hier ist von einem werbenden Anlegen nicht die Rede. Führen wir aber die Vergleichung zur Zeit $m + a$ aus, so haben wir

$$A_{m+a} + D_n q^{m+a-n} - (B + V) (q^a - 1) - A_m q^a \lesseqgtr 0.$$

Bei dieser Form der Rechnung erscheint D_n allerdings prolongiert, doch dürfen wir uns durch die Form der Rechnung nicht irre führen lassen.

Uebrigens ist es gar nicht erforderlich, die Grösse w zu berechnen und zu dem Ende Zinstafeln zu benutzen oder Näherungsverfahren einzuschlagen. Es genügt, wenn wir einfach vergleichen:

$$\frac{A_{x+a} + D_n q^{x+a-n} - (B + V) q^a - 1)}{A_x} \lesseqgtr q^a .$$

Zwischennutzungen, insbesondere aber solche Zwischennutzungen, welche für die Frage der Abtriebsreife von Bedeutung sind, fallen in diesem Falle kaum an. Erfolgen sie zur Zeit x, so dass also $n = x$, so hätten wir

$$\frac{A_{x+a} - (B + V) q^a - 1}{A_x + D_x} \lesseqgtr q^a .$$

Für $a = 10$ und $p = 3$ ist $q^a = 1{,}344$. So ist nach der von G. Heyer in seiner Waldwertrechnung mitgeteilten Ertragstafel

im Jahr	der Abtriebsertrag Mark	im Jahr	der Abtriebsertrag Mark
50	1267	80	3608
60	2063	90	4214
70	2970	100	4500

B + V ist für diesen Fall = 483. Für x = 50 erhalten wir

$$\frac{2063 - 483 \,.\, 0{,}344}{1267} = 1{,}497 > 1{,}344.$$

Für x = 60 haben wir

$$\frac{2970 - 0{,}344 \,.\, 483}{2063} = 1{,}359 > 1{,}344$$

für x = 70:

$$\frac{3608 - 0{,}344 \,.\, 483}{2970} = 1{,}16 < 1{,}344$$

und für x = 80:

$$\frac{4214 - 166}{3608} = 1{,}12 < 1{,}344.$$

Vor dem Jahre 70 steht das Prozent der laufenden Verzinsung über 3, nachher sinkt es unter 3. Mit dem genannten Jahre tritt die Abtriebsreife ein. Allerdings könnten wir an der Hand unserer Formel nur schliessen, dass diese Abtriebsreife zwischen den Jahren 60 und 80 eintritt, und zwar im Mittel im 70. Jahre. Doch genügt eine derartige Folgerung vollständig für die Praxis; das einzelne Jahr dagegen fällt in die Wagschale, wenn die augenblickliche Marktlage sich als besonders günstig oder ungünstig erweist.

§ 49. Nun unterscheidet man Zuwachs an Masse, an Güte und einfache Preiserhöhung (Quantitäts-, Qualitäts- und sog. Teuerungszuwachs).

Ist im Jahre m die Masse = M_1, wird sie x Jahre später gleich M_2 sein. Ist ferner der Preis des m jährigen Holzes = Q_1, der des (m + x) jährigen zur selben Zeit gleich Q_2, so können wir setzen $M_2 = M_1 r^x$ und $Q_2 = Q_1 g^x$; die Masse hat einen durchschnittlich jährlichen Zuwachs von p_1%, indem $r = 1{,}0p_1$ [18]), der Preis der Masseneinheit erhöhte sich mit Zunahme der Güte des Holzes um p_2%, indem $1{,}0p_2 = g$. Hat man nun ferner beobachtet, dass seither der Preis des Holzes bei gleicher Güte die Neigung hatte, durchschnittlich jährlich um p_3% zu steigen, darf man annehmen, dass eine solche Erhöhung auch in der nächsten Zeit stattfinde, so können wir setzen $A_m = M_1 Q_1$ und $A_{m+x} = M_2 Q_2 t^x$, wobei $t = 1{,}0p_3$. Der Walderwartungswert ist

$$\frac{A_m (rgt)^x + B + V}{q^x} + \frac{D_n}{q^{n-m}} - V.$$

Kommen keine Zwischennutzungen D_n mehr in Betracht, und es ist zu untersuchen, ob der Abtrieb jetzt oder nach x Jahren erfolgen soll, so vergleichen wir

$$\frac{A_m (rgt)^x + B + V}{q^x} - V \gtreqless A_m + B$$

oder

$$(rgt)^x \gtreqless \frac{(B + V\ (q^x - 1)}{A_m}$$

---

18) Um diese Prozente ohne Logarithmentafel berechnen zu können, empfiehlt Pressler eine Näherungsformel. Ist $M_2 = M_1\, 1{,}0p^n$, so ist der in n Jahren erfolgte Zuwachs $= M_2 - M_1$, das arithmetische Mittel für 1 Jahr ist gleich $\frac{M_2 - M_1}{n}$. Die mittlere Menge ist gleich $\frac{M_2 + M_1}{2}$. Unterstellen wir jenes Mittel als Zuwachs dieser Menge, so erhalten wir das Prozent $\frac{(M_2 - M_1)\,200}{(M_2 + M_1)\,n}$. Dasselbe ist kleiner als p. Der Unterschied ist um so grösser, je grösser n und p. Für mittlere p und insbesondere für kleine n ist er praktisch ohne Belang.

rgt ist gleich $1{,}0p_1 . 1{,}0p_2 . 1{,}0p_3 = 1 + \frac{p_1 + p_2 + p_3}{100} + \frac{p_1 p_2 + p_1 p_3 + p_2 p_3}{10{,}000} + \frac{p_1 p_2 p_3}{1{,}000{,}000}$.

Die letzten beiden Glieder dürfen wir hier als praktisch einflusslos vernachlässigen. So erhalten wir denn

$$1 + \frac{p_1 + p_2 + p_3}{100} \gtreqless \sqrt[x]{q^x + \frac{(B + V\ (q^x - 1)}{A_m}}$$

und für $x = 1$

$p_1 + p_2 + p_3 \gtreqless p + \frac{(B + V)p}{A_m}$ oder, indem wir statt p ein veränderliches w einsetzen

$$p_1 + p_2 + p_3 = \frac{(A_m + B + V)\,w}{A_m} \text{ und}$$

1. $\frac{(p_1 + p_2 + p_3)\,A_m}{A_m + B + V} = w$. Pressler'sches Weiserprozent. Statt dessen können wir auch setzen:

$$p_1 + p_2 + p_3 = w_1 + \frac{(B + V)\,p}{A_m} \text{ und}$$

2. $p_1 + p_2 + p_3 - \frac{(B + V)\,p}{A_m} = w_1$ (König'sches Wertszunahmeprozent, auch von Kraft angenommen).

w_1 ist vor Eintritt der Hiebsreife grösser als w, nachher kleiner. Formel 2. ist darum zur Bestimmung dieser Hiebsreife brauchbarer als Formel 1.

Bei diesen Formeln ist allerdings zu beachten, ob bei Bestimmung von p, d. h. des geforderten Wirtschaftsprozentes mögliche Preisänderungen nicht schon in Rechnung gezogen sind. Ist dies der Fall, so ist ein Teuerungszuwachs p_3 entweder überhaupt nicht oder nur soweit in Rechnung einzustellen, als er gerade unter den gegebenen Umständen noch als besondere Gabe zu erwarten ist (örtliche Aenderungen, Wegebau etc.). Hätte der Preis die Neigung zu sinken, so würde p_3 natürlich negativ sein. So weit es sich nicht um örtliche Besonderheiten handelt und wenn bei Bestimmung von p bereits die möglichen Preisänderungen genügend berücksichtigt sind, wäre einfach zu vergleichen

$$p_1 + p_2 - \frac{(B + V)\,p}{A_m} = w \gtreqless p.$$

Aus obigen Formeln ergiebt sich auch die Art des Einflusses, welchen eine Veränderung von Kosten und Erträgen ausübt. Ist längere Zeit eine noch besonders zu verrechnende Preissteigerung zu erwarten, so hält sich auch die laufende Verzinsung länger über der geforderten. Ist dagegen für die nächsten Jahre eine Preisminderung zu besorgen, so lässt auch unsere Formel einen frühzeitigeren Abtrieb als geboten erscheinen. Durch eine Vergrösserung von B (Minderung der Ernte- und Kulturkosten oder Unterstellung eines grösseren B, weil der Boden nach dem Abtrieb anderweit vorteilhafter benutzt werden kann) wird die Abtriebszeit verkürzt, durch eine Verminderung von B (Steigen der Kosten) wird dieselbe weiter hinausgeschoben. Letzteres kann auch infolge davon geschehen, dass Durchforstungen eingelegt werden, welche p_1 und p_2 erhöhen und A_x vermindern. Ist $\frac{A_{x+1} - A_x}{A_x + B + V}$ bereits kleiner als $0{,}0p$ und wird nun ein Teil des Bestandes weggenommen, so kann der Zuwachs des verbleibenden Restes leicht so gross sein, dass das Prozent wieder auf p und über p gehoben wird.

Ist z. B. $A_x = 4000$, $B + V = 400$, $A_{x+1} = 4120$, so berechnen sich $\frac{100\,(4120 - 4000)}{4000 + 400} = 2{,}7\,\%$. Nimmt man nun $30\,\%$, also 1200 weg und erfolgt an dem verbleibenden Reste

von 2800 ein Zuwachs von 100, so erhalten wir $\frac{100(2900 - 2800)}{2800 + 400} = 3{,}12\,\%$. Aushieb und weiterer Ueberhalt werden lohnend. Ohne Durchforstung[19]) hätte Abtrieb eintreten müssen. Hierbei will ich nicht vergessen, hervorzuheben, dass ausserdem noch ein weiterer Zuwachs erfolgen kann. Sorgt man nämlich für eine natürliche oder künstliche Unterbauung, deren Nutzen auf z zu veranschlagen sei, so haben wir als Zuwachs nicht $A_{x+1} - A_x$, sondern $A_{x+1} - A_x + z$ in Anrechnung zu bringen. Ist etwa $z = B\,0{,}0p$, in unserem Beispiele $= 12$, so hätten wir $\frac{100(100 + 12)}{2800 + 400} = 3{,}5\,\%$. Durch die Kultur allein würde schon das Bodenkapital verzinst, der Zuwachs am Bestande brauchte nur den letzteren zu verzinsen. Gerade auf diesem Gebiete dürfen wir an die forstliche Technik erhöhte Anforderungen stellen. Sie wird im stande sein, auch mit niedrigeren Kosten und genügendem Vorteil stärkere Hölzer zu erziehen, zumal wenn es gelingt, dieselben einzuernten, ohne dass der Unterbestand zu sehr leidet, bezw. wenn etwaiger Schaden sich rasch und leicht wieder auswächst.

Die Formel der laufenden Verzinsung lässt uns ferner erkennen, welche Bedeutung eine Aenderung verschiedener Ertrags- und Kostensätze für die Frage der Abtriebszeit hat. Die Kulturkosten erscheinen in der Form $\frac{c q^x p}{(q^x - 1) A_m}$. Diese Grösse ist meist verhältnismässig klein, in vielen Fällen nicht grösser als 0,02 bis 0,06. In solchen Fällen würde durch Steigerung der Kulturkosten um 50 % das berechnete Prozent sich um 0,01 bis 0,03 erhöhen. Veränderungen von V sind ohne Einfluss, da sich diese Grösse gegen das in der Formel für B stehende V streicht. Würde man aber auch für B eine gegebene Summe einsetzen, so müssten Veränderungen von V schon verhältnismässig gross sein, wenn sie einen nennenswerten Einfluss ausüben sollen. In den meisten praktischen Fällen ist $\frac{Vp}{A_m}$ etwa gleich 0,1 oder auch kleiner als 0,1. Eine Erhöhung von V um 5 % würde das Prozent der laufenden Verzinsung nur um etwa 0,04 oder 0,05 vermindern.

Ueber den Einfluss, welchen Aenderungen des unterstellten Wirtschaftsprozentes auf den Eintritt der Abtriebsreife ausüben, giebt unsere Formel keinen vollen Aufschluss. Ist B konstant, so kann, wenn p verringert wird, die laufende Verzinsung länger sinken, bis sie die Abtriebsreife anzeigt. Im entgegengesetzten Falle dagegen wird der Bestand früher als hiebsreif erscheinen. Wird jedoch B mit Zugrundelegung von p berechnet, so ist auch der Nenner der obigen Formel um so kleiner, je grösser p und umgekehrt oder in der Formel $p_1 + p_2 + p_3 - \frac{(B + V)p}{A_m} \gtreqless p$ ändern sich $B + V$ in entgegengesetzter Richtung wie p.

c) Wahl zwischen mehreren Beständen.

§ 50. Die Wälder der Wirklichkeit sind keine Normalwälder in dem Sinne, in welchem gewöhnlich der Begriff des jährlichen Betriebs aufgefasst wird, und zwar nicht sowohl weil die einzelnen Bestände nicht normal sind, sondern vorzüglich auch deshalb, weil die Altersklassen ungleichmässig verteilt sind. Für die Reinertragstheorie erwachsen hieraus keine besonderen Schwierigkeiten. Derselben ist jeder Bestand finanziell hiebsreif, dessen laufende Verzinsung unter die verlangte herabgesunken ist.

---

19) Den Begriff „Durchforstung“ fasse ich hier nicht schulmässig auf. Die Durchforstung ist in obiger Abhandlung jede Holznutzung, welche vor dem vollständigen Abtrieb erfolgt, oder im Femelwalde sich auf die jüngeren Altersklassen erstreckt, gleichgiltig ob sie unterdrückte oder nicht unterdrückte Stämme umfasst.

Nun lassen sich keineswegs immer alle diese Bestände gleichzeitig wegnehmen, oder es fehlt an solchen, während doch Holz abgesetzt werden soll. Mithin ist eine entsprechende Auswahl zu treffen.

Zunächst sind unumgängliche technische Rücksichten des Waldbaues und der Waldpflege zu nehmen. Verlangen dieselbe eine Verschiebung des Abtriebs bei einzelnen Beständen, ist eine Hiebsfolge festgesetzt, von der einmal nicht abgewichen werden kann, so kommen leicht Bestände, die im anderen Falle abtriebsreif sein würden, zur Zeit ausser Betracht. Aber auch unter den übrigen Beständen ist im Interesse der Anpassung an die Marktverhältnisse eine Auswahl erforderlich.

Kommen zwei Bestände in Frage, von denen der eine, auf einem Bodenkapital B_1 stockend, einen Abtriebsertrag a verspricht, der andere mit einem Bodenkapital B_2 dagegen A in Aussicht stellt, während die Walderwartungswerte bei späterem Abtrieb $= W_1$ und W_2 seien, so hätten wir zu vergleichen

$$W_2 + a + B_1 \gtreqless W_1 + A + B_2 \text{ oder } HE_2 - A \gtreqless HE_1 - a$$

d. h. derjenige Bestand bleibt stehen, für welchen der Unterschied zwischen Erwartungs- und Verbrauchswert am grössten ist, wie dies bereits Heyer in seiner Waldwertrechnung gezeigt hat. Soll die jetzige Nutzungsmenge die gleiche sein, so hätten wir einfach

$$EE_2 \gtreqless E_1.$$

Dieser Forderung leistet übrigens auch die Praxis nach Tunlichkeit Genüge, sie nimmt möglichst die zuwachsärmeren Bestände weg und lässt diejenigen stehen, welche grösseren Zuwachs versprechen.

Liegen mehrere Bestände zur Auswahl vor, deren Erwartungswerte sein würden HE_1, HE_2, HE_3, HE_4 ..., und welche bei jetzt erfolgendem Abtrieb abwerfen würden je a, b, c, d ..., und gestattet der Markt nicht, beim Verkaufe über eine bestimmte Menge hinauszugehen, so hat man zunächst die Bestände nach der Höhe der Unterschiede $HE_1 - a$; $HE_2 - b$; $HE_3 - c$; $HE_4 - d$ ... zu ordnen und dann den Etat aus denjenigen zu erfüllen, bei denen dieser Unterschied am kleinsten ist. Ist z. B. $HE_1 - a > HE_2 - b > HE_3 - c > HE_4 - d$ ..., ist $d = 1000$, $c = 4000$ und braucht man 3000, so wäre der vierte Bestand ganz zu nutzen, vom dritten würde die Hälfte zu nehmen sein.

Ist die Zahl der Altholzbestände gross, deren Zuwachs verhältnismässig gering und darum eine raschere Aufräumung mit denselben wünschenswert, so wird unter Umständen eine solche auch trotzdem angezeigt sein, dass eine Ueberfüllung des Marktes und damit eine Preiserniedrigung zu befürchten steht.

Wenn $$\frac{A_{m+x} - (B+V)(q^x - 1)}{q^x} > A_m \text{ und}$$

$A_{m+x} - (B+V)(q^x - 1) = q^x (1 - 0{,}0\,n) A_m$, so giebt n das Prozent an, bis zu welchem der Preis sinken darf, ohne das der Verkauf unvorteilhaft wird. Für $x = 1$ erhalten wir

$$p_1 + p_2 + p_3 - \frac{(B+V)p}{A_m} = p - n - \frac{pn}{100^2}$$

oder, da $\frac{pn}{100^2}$ vernachlässigt werden darf:

$$n = \frac{p A_m + B + V)}{A_m} - (p_1 + p_2 + p_3).$$

Setzen wir $B + V = aA_m$, so erhalten wir

$$n = p(1 + a) - (p_1 + p_2 + p_3).$$

Für $a = 0{,}16$, $p_1 + p_2 + p_3 = 2$ und $p = 3$ berechnet sich $n = 3{,}48 - 2 = 1{,}48\,\%$.

Eine Verschiebung des Abtriebs um 1 Jahr würde vorteilhaft sein, wenn durch den augenblicklichen Verkauf der Preis um mehr als 1,48 % gedrückt werden könnte. Ist $p_1 + p_2 + p_3 = 0$, also gar kein Zuwachs zu erwarten, so belässt man das Holz besser im Walde, als es zu verkaufen, wenn ein Preisrückgang von 3,48 % zu befürchten wäre. Handelt es sich um eine Verschiebung von x Jahren und ist x nicht zu gross, etwa kleiner als 10, so kann man einfach xn als Grenze des Preisrückganges unterstellen. Ist z. B. $A_{m+x} = 3520$, $A_m = 2880$, $B + V = 480$, $x = 10$, $p = 3$, so berechnet sich, für $p_1 + p_2 + p_3 = 0{,}n$ zu 30 %, für $p_1 + p_2 + p_3 = 2$ ergibt sich $n = 13$, während wir bei der abgekürzten Rechnung 14,8 und 35 % erhalten.

Jedenfalls hat der Forstwirt die Möglichkeit eines Preisdrucks mit Vorsicht zu erwägen. Insbesondere wird eine Verstärkung des Einschlages ohne Verlust bei wenig entwickeltem Verkehr nur innerhalb enger Grenzen möglich sein. Die Vorratsüberschüsse könnten, wenn es überhaupt unwahrscheinlich ist, dass später die Preise sich ändern und die höhere Abtriebs- bezw. Umtriebszeit als rentabel erscheint, doch nur langsam verwertet werden. Stehen dagegen gute Transportmittel zur Verfügung und kann der Markt mit Leichtigkeit einen Mehreinschlag aufnehmen, so ist auch ein rascherer Verkauf am Platze. Hier den richtigen Weg zu finden, ist Sache der praktischen Spekulation, welche auf Grund sorgfältigen Studiums der Marktverhältnisse und mit Benutzung der einschlägigen Ergebnisse der Statistik die Grenzen auszumitteln hat, bis zu welchen sie gehen darf und innerhalb deren sie ihre Rechnungen anstellen kann.

Wirtschaftliche Verwendung des Erlöses, sei es für Zwecke des Haushalts, oder der Produktion, gilt natürlich als Voraussetzung für die Frage der Verwertung von Vorratsüberschüssen, als welche hier schlechthin alle Bestände angesehen werden, die das finanzielle Hiebsalter überschritten haben und mehr als den sog. normalen Etat erfüllen. Eine Gemeinde hätte die aus dem Verkauf solcher Ueberschüsse erzielten Einnahmen als ausserordentliche zu behandeln und zu verwenden. Dass die Vorratsminderung zu widerraten ist, wenn eine unwirtschaftliche Benutzung der erlösten Summe zu befürchten steht, brauchte nicht erwähnt zu werden, wenn nicht Gegner der Reinertragstheorie dieselbe mit dem Hinweise auf eine solche Möglichkeit bekämpft hätten.

Richtige Auswahl und rechtzeitige Nutzung bilden wohl eine der schwierigsten wenn nicht die schwierigste Aufgabe der technisch verhältnismässig einfachen Forstwirtschaft. Dieselbe erfordert nicht allein technische Schulung, sondern auch gute wirtschaftliche Bildung und praktisches Talent; an Stelle des alten Forsttechnikers, der ja einfachen technischen Anforderungen genügte, muss immer noch mehr und mehr der Forst**wirt** treten, welcher auch den mit steigender Verkehrsentwickelung zunehmenden wirtschaftlichen Schwierigkeiten gewachsen ist. Grössere Privatforstverwaltungen gehen auf diesem Gebiete der schwerfälligeren und auch oft allzuselbstgefälligen Staatsforstverwaltung vielfach mit gutem Beispiel voran.

d. Durchforstungen.

§ 51. Die Frage der **Durchforstungen** bietet keine weiteren Besonderheiten für das Rechnungsverfahren, um zu einer eingehenderen Besprechung Veranlassung zu geben. Ist der Walderwartungswert bei der einen Art der Durchforstung gleich W_1, bei der anderen $= W_2$, so fragt es sich, ob $W_1 \lesseqgtr W_2$. Ganz zu dem gleichem Ergebnis gelangt man, wenn die Bodenerwartungswerte verglichen werden. Handelt es sich z. B. um die Frage, ob im Jahre m abgetrieben oder bei starker Lichtung noch mit Vorteil ein Lichtungszuwachs erzielt werden soll, so hätten wir zu vergleichen

$$\frac{\mathfrak{A}_u + aq^{u-m} + D_a q^{u-a} - c}{q_u - 1} \lesseqgtr \frac{A_m + D_a q^{m-a} - c}{q^m - 1}$$

oder $$\mathfrak{A}_u - (A_m - a)\, q^{u-m} \lesseqgtr B_m (q^{u-m} - 1)$$
d. h. die Lichtung ist am Platze, wenn der zu erwartende Zuwachs mindestens ausreicht, um den verbleibenden Bestand $A_m - a$ und ausserdem das mit Unterstellung m jähriger Umtriebszeit berechnete Bodenkapital voll zu verzinsen. Die Grösse a ist negativ, wenn die Erntekosten den Erlös aus der Durchforstung übersteigen. Letztere kann trotzdem vorteilhaft sein, sobald die durch sie bewirkte Zuwachssteigerung genügt, um wenigstens den vorhandenen Bestand A_m, den für Einlegung der Durchforstung erforderlichen Aufwand a und das Bodenkapital zu verzinsen.

Würde etwa die Umtriebszeit (u) nicht geändert, sondern nur die Abtriebszeit verschoben, so ist zu vergleichen
$$\frac{\mathfrak{A}_u + B_u}{q^{u-m}} + a \lesseqgtr A_m + B_u \text{ oder}$$
$$\mathfrak{A}_u \lesseqgtr (A_m - a)\, q^{u-m} + B_u (q^{u-m} - 1).$$
Tritt auch keine Verschiebung der Abtriebszeit ein und würde der Bestand ohne Durchforstung bis zur Zeit u weiterwachsen, so hätten wir
$$\frac{\mathfrak{A}_u + B}{q^{u-m}} + a \lesseqgtr \frac{A_u + B}{q^{u-m}} \text{ oder}$$
$$\mathfrak{A}_u + a q^{u-m} \gtreqless A_u$$
Ist a negativ, so ist
$$\mathfrak{A}_u \gtreqless A_u + a q^{u-m}.$$
Der durchforstete Bestand muss derart anwachsen, dass er wenigstens die Summe deckt, welche ohne Durchforstung erzielt worden wäre, und dass er ausserdem aber auch die aufgewandten Kosten (a) genügend verzinst.

Wurden n Prozent von A_m weggenommen, wächst nun der verbleibende Bestand an auf $\mathfrak{A}_u$, während er ohne Durchforstung angewachsen wäre auf A_u, und ist $A_m = M_1 Q_1$, $A_u = M_1 Q_1 \alpha^x \beta^x t^x$; $\mathfrak{A}_u = (1 - 0{,}0n) M_1 Q_1 a^x b^x t^x$, so haben wir:
$$(1 - 0{,}0n) M_1 Q_1 a^x b^x t^x + 0{,}0n\, M_1 Q_1 q^x \lesseqgtr M_1 Q_1 \alpha^x \beta^x t^x$$
Ist $a = 1{,}0p_1$, $b = 1{,}0p_2$, $t = 1{,}0p_3$, $\alpha = 1{,}0p_4$, $\beta = 1{,}0p_5$, $q = 1{,}0p$ und $x = 1$, so erhalten wir
$$(1 - 0{,}0n)\left(1 + \frac{p_1 + p_2 + p_3}{100}\right) + 0{,}0n\, 1{,}0p \lesseqgtr 1 + \frac{p_4 + p_5 + p_3}{100}$$
$$(1 - 0{,}0n)(p_1 + p_2 + p_3) + p\, 0{,}0n \lesseqgtr p_4 + p_5 + p_3$$
$$(1 - 0{,}0n)(p_1 + p_2) + 0{,}0n\,(p - p_3) \lesseqgtr p_4 + p_5$$
Ist n verhältnismässig klein, so kann auch kurz verglichen werden
$$p_1 + p_2 \lesseqgtr p_4 + p_5.$$
So einfach die rechnerische Behandlung dieser Fragen erscheint, so schwierig gestaltet sich die Ausführung der bezüglichen statischen Rechnungen, insofern die, für die Unterlagen derselben erforderlichen Zahlen schwer zu beschaffen sind, da über die Wirkungsweise der verschiedenen Arten und Grade der Durchforstungen, insbesondere in Hinsicht auf die Gestaltung des künftigen Abtriebsertrages wenig oder keine Erfahrungen vorliegen.

e. Der Femelwald.

Der Femelwald bietet rechnungsmässig keine besonderen Schwierigkeiten. Bei dem gewöhnlichen Hochwald, insbesondere bei dem Kahlschlagbetrieb, sind alle Altersklassen räumlich von einander getrennt. Die Betriebsklasse hat u grosse Abteilungen, von welcher jede nur eine Altersklasse enthält. Bei dem Femelwald, in welchem die Altersklassen stamm- und horstweise durcheinander gemischt auf derselben Fläche stehen, sind die Abteilungen kleiner, doch ist ihre Zahl grösser. Der ideale Femelwald würde, wenn die älteste Klasse a Stämme zählt, gleichsam a kleine Alters-

stufenfolgen enthalten, die von einander räumlich geschieden sind; er würde die denkbar kleinsten Einheiten der Altersstufenfolge darstellen. Für die Rechnung wäre nur notwendig, die Erträge und die Zeit ihres Eingangs (Alter der genutzten Hölzer) zu kennen, Bodenwert, Umtriebs- und Abtriebszeit wären alsdann nach dem oben mitgeteilten Verfahren zu ermitteln. Die älteren Bäume sind hiebsreif, wenn der von ihnen zu erwartende Zuwachs nicht mehr ausreicht, sich selbst und den in Anspruch genommenen Boden zu verzinsen. (Weiserprozentmethode zur Feststellung der Hiebsreife.) Die Grösse dieser Bodenfläche wäre durch besondere Untersuchungen festzustellen, sofern dafür noch keine allgemeinen Untersuchungen für verschiedene Bestockungsgrade, Alter etc. vorliegen. Uebrigens würden hier bei Sachkundigen grosse Fehler nicht zu befürchten sein. Und kleinere Irrtümer sind, wie oben erwähnt, praktisch ohne Bedeutung.

Die Herausnahme schwächerer Hölzer ist ganz der Durchforstung des Kahlschlagbetriebs gleich zu achten. Ihre Entfernung kann einen guten Einfluss auf Masse und Güte der verbleibenden Stämme ausüben, ausserdem aber noch eine Einnahme abwerfen.

Die Annahme, als ob Waldwertrechnung und Statik wohl nur für den gewöhnlichen Hochwald, bez. den Kahlschlagbetrieb zugeschnitten seien, ist eine irrige. Sobald nur eine richtige Buchführung vorliegt, ist die Rechnung auch für andere Betriebsarten ohne Schwierigkeiten durchzuführen. Bis jetzt freilich sind die hierfür nötigen Unterlagen nur in wenigen Fällen, wenn überhaupt, beschafft. Die richtige Buchung erfordert viel Zeit und stösst auf grosse Schwierigkeiten. Auf diese Weise erscheint es ganz natürlich, dass in der Praxis das beste Ermessen des Wirtschafters, je nach seiner Geschäftsrichtung, sowie die vorliegenden waldbaulichen Verhältnisse vielfach bestimmend wirken. Wenn einmal Beobachtung, Messung, Buchung und Vergleichung genügend lange durchgeführt sind, wird vielleicht manches mit mehr Sicherheit begründet werden können, als heute.

3. Der normale jährliche Betrieb und die Umtriebszeit des grössten Waldreinertrags.

§ 52. Für den sog. jährlichen Betrieb, d. h. den Betrieb, bei welchem normale Altersabstufung mit normalen Beständen vorhanden ist, sind einfach die oben entwickelten Formeln zu benutzen. Die für eine u jährige Umtriebszeit eingerichtete Betriebsklasse besteht aus einer Reihe von u Beständen, von denen je einer um ein Jahr älter ist als der vorhergehende. Jeder einzelne Bestand wird im sog. aussetzenden Betriebe behandelt, d. h. bestimmte Wirtschaftshandlungen (Abtrieb, Neukultur, gewisse Zwischennutzungen) kehren auf ihm je nach Verlauf einer Umtriebszeit wieder. Hieraus folgt ohne weiteres, dass die finanzielle Umtriebszeit für den jährlichen Betrieb die gleiche ist wie für den aussetzenden. Die vorteilhaftesten Abtriebszeiten können allerdings bei Vorratsmangel oder Vorratsüberschuss von der finanziellen Umtriebszeit, wie oben erwähnt, mehr oder weniger abweichen. Das gleiche kann aber auch bei dem aussetzenden Betrieb der Fall sein. Bei grosser Fläche kann nicht immer nach Belieben kahl gehauen werden. Zeitweilig ungünstige oder günstige Marktlage und ungenügend entwickelte Transportverhältnisse können leicht dazu zwingen, den Hieb auszusetzen, ihn früher vorzunehmen oder ihn auf einen Teil, allenfalls auf einen durch vorhandene Wege, gegebene Ansiedelung der Bevölkerung ganz bestimmten Teil der Fläche zu beschränken. Hierbei können dann noch Rücksichten der Technik, (Schutz des verbleibenden Bestandsrestes gegen Sturmgefahr etc.) eine Rolle spielen.

Bei einer Vergleichung beider „Betriebe“, ergibt sich vor allem der Unterschied,

dass man im einen Falle alljährlich je $\frac{1}{u}$ der Fläche, im anderen alle u Jahre die ganze Fläche abzutreiben und neu zu kultivieren hat, dort sind Einnahmen und Ausgaben alljährlich, hier periodisch gleich, dort kann alljährlich gleichen Bedürfnissen genügt werden, hier aber bietet man dem Markte nur alle n Jahre Holz im n fachen Betrage. Hierdurch würde natürlich ein ungleicher Einfluss auf die Preisbildung ausgeübt, ein Einfluss, welcher um so grösser ist, je grösser die abzusetzende Holzmenge im Verhältnis zu dem zu deckenden Bedarfe ist. Somit wäre es denn auch denkbar, dass wegen dieses Einflusses die vorteilhafteste Wirtschaft bei dem jährlichen Betriebe eine andere ist wie bei dem aussetzenden. Dort könnten Abtriebs- und Umtriebszeit mit einander übereinstimmen, hier könnte man leicht durch besondere Umstände, z. B. guten Absatz geringer Hölzer genötigt werden, von der für normale Verhältnisse berechneten Umtriebszeit abzuweichen.

Alle diese Betrachtungen haben im wesentlichen nur theoretische Bedeutung. Einen normalen jährlichen Betrieb mit normalem Vorrat und normaler Altersabstufung gibt es in Wirklichkeit nicht. Die tatsächlich vorkommenden Wirtschaftseinheiten (Betriebsklassen) sind mehr oder weniger abnorm, insbesondere ist die Altersabstufung eine unvollkommene und lückenhafte. Auch wird es keiner noch so fürsorglichen Ertragsregelung gelingen, eine vollkommene Altersabstufung herzustellen. Durch Marktlage und Technik (Verjüngung, Naturgefahren) würde dieselbe doch immer und immer wieder durchbrochen. Die Normalität könnte als eine Art Ideal doch nur erstrebt nie erreicht werden. Tatsächlich könnte sie aber als Wirtschaftsideal nur unter der Voraussetzung betrachtet werden, dass sie allen Anforderungen des Eigentümers und der Holzverbraucher vollständig genügte, eine Voraussetzung, welche gar nicht einmal zutrifft. Für die Wirtschaftseinheit, bezw. Besitzeseinheit ist es immer vorteilhafter, wenn es ihr gestattet ist, innerhalb der praktisch möglichen Grenzen den Bedürfnissen des Holzmarktes zu genügen, als wenn sie an eine unveränderliche Schablone gebunden wird. Und der wirtschaftlich gerechtfertigte Holzverbrauch ist keineswegs überall ein für immer feststehender. Ja örtliche Schwankungen begleichen einander nicht in der Art, dass die Menge der verschiedenen nötigen und zu hauenden Sortimente und Holzarten lange Zeit hindurch in einem grossen Lande die gleichen blieben. Der sog. normale jährliche Betrieb, welcher von Jahr zu Jahr die gleichen Holzmassen liefert, ist demnach keineswegs als ein praktisches Wirtschaftsideal anzusehen, dessen Verwirklichung etwa den Interessen der Gesamtheit am vollständigsten entspräche. Aber auch der aussetzende Betrieb bereitet für Theorie und Praxis keine Schwierigkeiten. Im grossen kommt er als Wirtschaftseinheit gar nicht vor. Selbst wenn grosse Flächen aufgeforstet werden sollten, so geschieht dies nicht gleichzeitig, und auch wenn dies der Fall sein sollte, so wird man doch nicht für die Dauer einen einzigen gleichalterigen Bestand erhalten. Doch auch der kleine Waldbesitz enthält selten nur einen solchen gleichalterigen Bestand; der Hochwald wird hier auf geeignetem Standort und bei passender Holzart (Tanne, Buche, Fichte), wohl auch in einem femelartigen Betriebe behandelt und der Niederwald kann selbst schon bei kleiner Fläche mehrere Bestände von verschiedenem Alter aufweisen. Die aussetzenden Betriebe, welche als Wirtschafts- bezw. Besitzeseinheit in der Wirklichkeit vorkommen, sind tatsächlich von verhältnismässig so geringer Bedeutung, dass sie zu einer folgenreichen Erörterung der Unterschiede zwischen aussetzendem und jährlichem Betrieb eigentlich keinen Anlass bieten.

Die wirklich vorhandenen Wirtschafts- und Besitzeseinheiten sind, von ganz wenigen Ausnahmen abgesehen, eben immer aus verschiedenen Beständen zusammen-

gesetzt, welche keineswegs ein einheitliches normales Ganzes im üblichen Sinne bilden. Schon allein aus diesem Grunde wäre es zulässig, jeden einzelnen Bestand für sich zu betrachten und auf die übrigen insoweit Rücksicht zu nehmen, wie es bereits oben angedeutet wurde. Im übrigen ist es für die Reinertragstheorie und deren Durchführung ganz gleich, ob der Boden bestockt ist oder nicht, ob die Bestände normal oder abnorm sind, ob ferner der Wald zu einem strengen jährlichen Betrieb bereits eingerichtet ist, oder ob ein solcher Betrieb erst angestrebt werden soll. Die oft ausgesprochene Ansicht, als ob jene Theorie nur für den aussetzenden Betrieb passe, als ob sie nur von der Blösse ausgehe u. dergl., ist demnach unzutreffend.

Bezeichnen wir den Normalvorrat mit N, so ist beim idealen jährlichen Betriebe:

$$A_u + D_k - uv - c - u\,0{,}0p\,(B + N) = 0;$$

der jährliche Ertrag $A_u + D_k$ reicht gerade aus, um die jährlichen Kosten $u\,0{,}0p\,(B + N) + uv + c$ zu decken. Boden und Vorrat verzinsen sich zu

$$\frac{(A_u + D_k - uv - c)\,100}{u(B + N)} = p\,\%.$$

Für Bestimmung der vorteilhaftesten Abtriebszeit lassen sich diese Formeln überhaupt nicht benutzen. Aber auch für Ermittelung der finanziellen Umtriebszeit sind sie nicht zu verwenden. Setzt man ein B ein, welches der Umtriebszeit u entspricht, und legt man dieses B der Berechnung von N zu Grund, so kommen wir zu Identitäten. Unterstellt man dagegen das Maximum des Bodenerwartungswertes, so kommen wir freilich nur bei der finanziellen Umtriebszeit auf eine Verzinsung von p %, doch würde uns unsere Formel nur auf einem Umwege zu dem Ergebnis führen, welches wir bereits kennen.

Aus obiger Formel erhalten wir auch

$$\frac{A_u + D_k - uv - c}{u\,0{,}0p} - N = B.$$

Wäre N konstant, so würde sich wohl ein Maximum von B für die Zeit berechnen, in welcher der Waldreinertrag seinen höchsten Betrag erreicht. Die genannte Voraussetzung wäre jedoch unrichtig. Denn der Vorrat ist mit der Umtriebszeit veränderlich. Setzen wir für N die oben mitgeteilte Formel ein, indem in derselben B_u eingestellt wird, so kommen wir zur Identität $B_u = B_u$.

Nun setzt Helferich (in Schönberg's Handbuch der polit. Oekonomie) für N den sogenannten Verbrauchswert, nämlich $(A_0 + A_1 + A_2 + \ldots A^{u-1})\,\frac{1}{u}$ ein und bestimmt dann das Maximum von B[20]). Hiergegen ist einzuwenden, dass Bestände, welche später genutzt werden sollen, nicht nach dem jetzigen sog. Verbrauchswerte geschätzt werden dürfen. Letzterer kommt nur in Frage, wenn es sich um eine jetzige Nutzung handelt, demnach bei dem ältesten Bestande, bei jüngeren aber nur, wenn auch für diese der Abtrieb in Erwägung gezogen wird, eine Voraussetzung, welche gerade für den Normalwald überhaupt nicht erfüllt wird. Ausserdem werden bei jener Formel die jüngsten Glieder leicht zu hoch veranschlagt, wenn zur Berechnung das in § 38 angeführte abgekürzte Verfahren eingeschlagen wird, bei welchem die n jüngsten Bestände $= \frac{nA_n}{2}$ gesetzt werden. Das gilt allgemein für alle Waldungen, welche einen Verkauf der jüngsten Bestände überhaupt nicht zulassen, weil Ernte- und Transportkosten den Erlös übersteigen. Dann aber gibt es, wie oben erwähnt, in Wirklichkeit keinen Normalwald, die Formel hätte darum doch nur einen theoretischen Wert.

---

20) Ebenso bestimmt Martin in seiner Schrift: Folgerungen der Bodenreinertragslehren etc. 1894—99 den Wert des Normalvorrates und danach die Bodenrente.

§ 53. Von einzelnen Forstwirten wird nun diejenige Wirtschaft als die vorteilhafteste erklärt, bei welcher der Wald die grösste Summe von Waldreinerträgen abwerfe. Dieselben stellen grundsätzlich keine Zinsen unter die Kosten. Sie dürfen dies auch nicht, weil sie sich sonst in unlösbare Widersprüche verwickeln. Eine Nutzung, welche heute eingeht, wird genau so veranschlagt wie diejenige, welche zu einer späteren Zeit erfolgt, Aufwendungen, welche heute erforderlich sind, werden nicht höher bemessen als solche, die nach Jahrzehnten und Jahrhunderten zu machen sind. Dadurch und nur dadurch unterscheiden sich ihre Forderungen von denjenigen der Anhänger der Reinertragstheorie. Letztere verlangen, dass die Möglichkeit anderweiter Ausnutzung gegebener Kräfte und Kapitalien auch in der Waldwirtschaft berücksichtigt werde. Bringt ihnen das Holz bei seiner Verwendung als Schwelle, Diele, Balken oder in irgend welcher anderen Form einen grösseren Nutzen, als wenn es im Walde verbleibt, so ist es für sie abtriebsreif. Ferner gehen sie von der Annahme aus, dass die jetzige Auswertung eines Gutes einen grösseren Vorteil bringt, als wenn die Benutzung erst in einer späteren Zeit erfolgt. So kommen sie zur Forderung, dass Zinsen in die Rechnung eingestellt werden, und zwar ist ihnen hier der Zins eine „ökonomische“, keine „historische Kategorie“. Er behauptet seine Bedeutung für jedwede Form der gesellschaftlichen Verfassung, für die kapitalistische so gut wie für die sozialistische. Die Höhe des Zinses, die Umstände, von welchen er abhängt, die Frage, wem er zu gute kommt, ob der ganzen Gesellschaft oder nur einzelnen Klassen oder Personen, ist für die grundsätzliche Behandlung jener Forderung ohne Belang. Insbesondere aber braucht man sich in der Waldwertrechnung mit solchen Fragen nicht näher zu befassen. Dieselbe darf sich ohne Bedenken auf den Boden der gegebenen Gesellschaftsordnung stellen, die in ihren Grundzügen, wenn je, so doch kaum in absehbaren Zeiten geändert werden dürfte.

Das Streben des Forstwirts muss nach der genannten Theorie (Schule) darauf gerichtet sein, den Waldreinertrag so gross wie möglich werden zu lassen. Derselbe kann durch bessere Verwertung, Anzucht wertvolleren Holzes etc., dann durch Ersparung an Kosten gesteigert werden. Er ist jedoch nicht allein von der Wahl der Holzart, vom Wirtschaftsverfahren, Stärke der Durchforstungen u. dergl. abhängig, sondern auch von dem Alter, in welchem das Holz zur Fällung gelangt. Eine wichtige Frage ist hiernach diejenige der Hiebszeit. Die beste würde diejenige sein, bei welcher der Waldreinertrag seinen höchsten Betrag erreicht.

Es würde nun bedeutungslos sein, bestimmen zu wollen, für welche Umtriebszeit x der Waldreinertrag $A_x + D_k - xv - c$ ein Maximum erreicht. Denn hierbei würden wir uns lediglich die Frage vorlegen, welchen von verschiedenen, zum normalen jährlichen Betrieb bereits eingerichteten Wäldern, die uns zur Wahl überlassen sind, wir nehmen wollen. Selbstverständlich würden wir uns für jenen entscheiden, welcher den grössten Vorrat enthält. Ist freilich die Wahl einmal erfolgt, dann werden wir uns die Frage vorlegen, welche Umtriebszeit in Zukunft auf der gegebenen Fläche eingehalten werden muss. Wir hätten dann den konstanten Vorrat und ferner fortan Nutzungen, welche von der Höhe der Umtriebszeit abhängen.

Für den Anhänger des grössten Waldreinertrags erwächst aber noch eine eigentümliche Verlegenheit. Er kann die Nutzungen der Zukunft nicht zum Vergleich auf einen und denselben Zeitpunkt beziehen, da er nicht prolongieren und diskontieren darf. Allerdings berechnet sich durch Diskontierung aller Zukunftserträge eines gegebenen sog. Normalwaldes, wie wir bereits oben gesehen haben, auch ein Waldreinertrag und zwar immer derjenige, welchen die unterstellte Umtriebszeit und der derselben entsprechende, als vorhanden angenommene Normalzustand ergibt. Dieser Um-

stand hat schon mehrfach zu irrigen Rechnungen und Schlussfolgerungen Veranlassung gegeben, indem man glaubte, weil sich auf dem Wege der Diskontierung, also an der Hand der Zinseszinsrechnung ein Waldreinertrag berechne, so brauche man nur den grössten Waldreinertrag zu bestimmen und komme so zu dem Zustande, bei welchem die auf die Gegenwart bezogenen Zukunftserträge ein Maximum bildeten. Doch ist der Versuch, der strengen Logik gegenüber, der man sich nicht verschliessen konnte und welche die Anrechnung von Zinsen fordert, nicht gelungen. Man hatte fest bestimmte Grössen in der Formel irrtümlicherweise als veränderlich angenommen. Ein solcher Fehler wurde u. a. begangen im Forstw. Zentralblatt, Heft 3 von 1880, ebenso auch im Heft 7 von 1886 u. a. a. O.[21]). Daselbst wird die Zinseszinsrechnung unbedingt als berechtigt anerkannt. Dann werden die Walderwartungswerte der einzelnen Bestände summiert, so ergibt sich die Formel:

$$\frac{D_k}{q^k}(q^0 + q^1 + \ldots q^{k-1}) + \frac{A_u + \frac{D_k}{q^k} - c}{q^u - 1}(q^0 + q^1 + \ldots q^{u-1}) - uV$$

$$= \frac{D_k(q^k - 1)}{q^k - 0{,}0p} + \frac{q^u - 1}{0{,}0p} \cdot \frac{A_u + \frac{D_k}{q^k} - c}{q^u - 1} - uV \ldots \text{I.}$$

Hieraus erhält man, wenn $q^u - 1$ gegen $q^u - 1$ gestrichen wird, wie dies a. a. O. geschieht:

$$\frac{A_u + D^k - c - uv}{0{,}0p}, \ldots \text{II.}$$

Nun wurde an eine Forderung von Bose (in der süddeutschen Monatschrift von 1873 S. 431) angeknüpft: „Richte deine Waldungen so ein, dass sämtliche Zukunftserträge des Normalwaldes auf die Gegenwart diskontiert ein Maximum bilden“ und demgemäss diejenige Wirtschaft (bezw. Umtriebszeit) als beste und erstrebenswerte bezeichnet, für welche Formel II ein Maximum erreicht. Die Forderung, welche hier von Bose u. a. Gegnern der Reinertragstheorie gestellt wird, ist ganz dieselbe wie die der Reinertragstheorie. Falsch ist es dagegen, wenn das $(q^u - 1)$ des Zählers gegen das entsprechende $(q^u - 1)$ des Nenners gestrichen wird, wozu a. a. O. der Umstand Veranlassung gab, dass zur Bezeichnung verschiedener Begriffe der gleiche Buchstabe gewählt wurde. Denn das u des Zählers ist ebenso wie der Koeffizient (u) von V konstant. Variabel ist nur das u des Nenners. Obige Formel I erreicht vielmehr zur selben Zeit u ein Maximum wie der Bodenerwartungswert. Mithin kommt man auf Grund der genannten Forderung Bose's mit zwingender Notwendigkeit zur Wirtschaft, welche die Reinertragstheorie verlangt.

Bei unseren Betrachtungen können wir immer nur von einem bestimmt gegebenen Normalwalde ausgehen. Nehmen wir dementsprechend an, dass eine Altersabstufung vom 0-jährigen bis zum (n—1)jährigen Bestande vorliege.

Für diese vorhandenen Bestände ist der Walderwartungswert zu bestimmen und zwar wäre nach dem Maximum desselben die Umtriebszeit festzusetzen. Diese Umtriebszeit ist erst zu ermitteln; ich setze sie = x. So haben wir denn für diese noch zu bestimmende Umtriebszeit x unter der Voraussetzung, dass nur Abtriebserträge und Verwaltungskosten in Betracht kommen, folgende Walderwartungswerte. Derjenige der ältesten, (n—1)jährigen Altersstufe ist:

$$\frac{A_x + B + V}{q^{x-n+1}} - V.$$

21) Auch im Novemberheft der genannten Zeitschrift von 1886 kehrt der gleiche Gedanke wieder.

Derjenige der zweitältesten, (n — 2)jährigen ist:

$$\frac{A_x + B + V}{q^{x-n+2}} - V.$$

Derjenige der jüngsten, 0jährigen ist: $\frac{A_x + B + V}{q^{x-n+n}} - V.$

Demnach ist die Summe aller

$$\frac{A_x + B + V}{q^{x-n}} \left\{ \frac{1}{q} + \frac{1}{q^2} + \ldots \frac{1}{q^n} \right\} - nV \text{ oder gleich}$$

$$\left(\frac{A_x + B + V}{q^x}\right) \left(\frac{q^n - 1}{0{,}0\,p}\right) - nV.$$

Die Grössen q und n sind fest gegeben, und zwar ist n ganz unabweislich bestimmt durch Holzalter und Zahl der Schlagflächen. Das Maximum der Summe hängt demnach nur ab von $\frac{A_x + B + V}{q^x}$. Hieraus kommen wir einfach zur Formel der laufendjährlichen Verzinsung (Weiserprozent).

Hätten wir einen Wald so eingerichtet vor uns, dass der Waldreinertrag (Durchschnittsertrag) in der Tat der höchste ist, und berechnen wir nun ganz nach der Vorschrift von Bose den Walderwartungswert für die ganze Betriebsklasse, so erhalten wir immer:

$$W = \frac{D_k}{q^k} \cdot \frac{(q^k - 1)}{0{,}0\,p} + \frac{q^u - 1}{0{,}0\,p} \cdot \frac{A^x + \frac{D_k}{q^k} - c}{q^x - 1} - uV.$$

Der Durchschnittsertrag erreicht ein Maximum für die Umtriebszeit u, der Walderwartungswert dagegen für die gleiche Umtriebszeit wie der Bodenerwartungswert. Mit den Beständen, deren Alter diese Zeit bereits überschritten hat, wäre möglichst bald zu räumen, d. h. es wäre eben die finanzielle Umtriebszeit einzuführen.

§ 54. Wer grundsätzlich den höchsten Waldreinertrag erstrebt, der muss auch grundsätzlich die Rechnung mit Zins und Zinseszins verwerfen. Er kann die Zukunftserträge nicht diskontieren, sondern er hat sie einfach zu summieren. Zeitliche Verschiedenheiten dürfen streng folgerichtig in seinen Rechnungen keinerlei Rolle spielen.

Von der Flächeneinheit ist zu erwarten

nach x Jahren A_x, wird jetzt veranschlagt zu A_x
„ 2x „ A_x, „ „ „ „ A_x
„ 3x „ A_x, „ „ „ „ A_x u. s. w.

Die Summe aller Reinerträge ist gleich $A_x + A_x + A_x + A_x + \ldots = \infty$. Dieselbe ist für jedes beliebige x unendlich gross.

Die Reinertragstheorie veranschlagt den Ertrag, welcher eingeht

nach x Jahren mit A_x, in der Gegenwart zu $\frac{A_x}{q^x}$
„ 2x „ „ A_x, „ „ „ „ $\frac{A_x}{q^{2x}}$
„ 3x „ „ A_x, „ „ „ „ $\frac{A_x}{q^{3x}}$ u. s. w.

Die Summe aller Erträge ist gleich

$$\frac{A_x}{q^x} + \frac{A_x}{q^{2x}} + \frac{A_x}{q^{3x}} + \ldots = \frac{A_x}{q^x - 1}.$$

Wir haben es also hier mit einer endlichen Summe zu tun, für welche auch ein Maximum bestimmt werden kann.

Der Anhänger des grössten Waldreinertrags hilft sich aus der oben angedeuteten

Verlegenheit durch eine rechnungsmässige Unterstellung („Fiktion"). Er denkt sich den nach x Jahren eingehenden Ertrag A_x auf diese einzelnen Jahre verteilt. Trifft auf ein Jahr r, so haben wir: $r + r + r + r \ldots = A_x$ oder $xr = A_x$ und $r = \frac{A_x}{x}$. Nun wird das Maximum von r bestimmt, d. h. des Ertrages, welcher im Durchschnitt auf ein Jahr entfällt. Dies ist denn auch der Reinertrag, welchen die Flächeneinheit abwirft, sobald sie mit dem hierfür erforderlichen normalen Vorrat mit normaler Altersabstufung versehen ist.

Die Reinertragstheorie kann nun in gleicher Weise verfahren, indem sie den nach x Jahren eingehenden Ertrag A_x in x gleichbleibende jährliche Renten r zerlegt. Sie summiert aber dann nicht $r + r + r + r \ldots$, sondern, da sie mit Zinsen rechnet,

$$r\,1{,}0p^{x-1} + r\,1{,}0p^{x-2} + \ldots r = A_x \text{ oder } \frac{r(1{,}0p_x - 1)}{0{,}0p} = A_x.$$

Hieraus erhalten wir

$$r = \frac{A_x\,0{,}0p}{1{,}0p^x - 1}.$$

Es muss uns sonach befremden, wenn in der forstlichen Literatur der Gedanke nicht verschwinden will, die Reinertragstheorie rechne mit der Zukunft, die Anhänger des höchsten Waldreinertrags aber stünden auf dem sicheren Boden gegenwärtiger Erträge [22]).

Die Sache gestaltet sich auch nicht anders, wenn wir einen normalen jährlichen Betrieb unterstellen. Wir können in diesem Falle immer nur von einem gegebenen Walde mit gegebener normaler Alterstufenfolge ausgehen. Haben wir n Hektar mit den Vorräten A_1, A_2, $A_3 \ldots A_n$, so erhalten wir in Zukunft die grösste Summe von Waldreinerträgen, wenn wir jeden einzelnen Bestand gerade so lange überhalten, bis der Durchschnittsertrag $\frac{A_x}{x}$ ein Maximum wird. Ist $A_{n+z+1} - A_{n+z} > \frac{A_x}{x}$, d. h. ist der laufende Zuwachs noch grösser als der Durchschnittszuwachs, so ist der Bestand noch nicht hiebsreif, denn er verspricht selbst einen grösseren Zuwachs, als wir ihn im Durchschnitt für die gleiche Zeit nach dem Abtriebe erwarten dürften. Weicht nun die Umtriebszeit x von derjenigen ab, welcher der vorhandene Vorrat entspricht, und will man unbedingt ein Maximum von Waldreinerträgen erzielen, so müsste man

a) wenn die jetzige Umtriebszeit zu hoch ist, mit allen Beständen aufräumen, welche älter als x Jahre sind, und man würde dann in Zukunft alle x Jahre einmal auf einer grösseren Fläche einen grösseren Etat haben;

b) wenn diese Umtriebszeit zu niedrig ist, müsste man x — n Jahre lang die Nutzung aussetzen, alsdann würde man n Jahre lang je 1 ha nutzen, um hierauf wieder x—n Jahre lang auf Hieb und Einnahme zu verzichten.

Soll aber möglichste Gleichheit des Etats hergestellt werden, so bleibt nichts anderes übrig, als im einen Fall eine Reihe von Jahren hindurch auch Holz zu fällen, welches noch nicht hiebsreif ist, im anderen aber Bestände noch weiterhin überzuhalten, welche das Alter der Erntereife bereits überschritten haben. Für die Bemessung des Ausgleichungszeitraums würden ganz ähnliche Gesichtspunkte den Ausschlag geben, wie bei der Reinertragstheorie. So könnte man bei günstiger Marktlage rascher räumen,

---

22) Auch in dem Lehrbuch der Forstwissenschaft von Dr. v. Fischbach S. 444 heisst es, die Theorie des höchsten Waldreinertrags umgehe die Schwierigkeit, unsichere Zukunftswerte in die Rechnung einzubeziehen, welche bei dem von den Anhängern der sogenannten Reinertragstheorie zum Vergleichungsmassstab angenommenen Bodenerwartungswert eine viel weniger sichere Grundlage gebe.

bei ungünstiger dagegen müsste der Gang der Abnutzung etwas verzögert werden.

Für den Anhänger des grössten Waldreinertrags gibt es nur das Mittel, den Weg zu beschreiten, dessen Betreten er dem Reinerträgler zum Vorhalte macht, er sieht ab von der Betriebsklasse, betrachtet den jährlichen Durchschnittsertrag des Einzelbestandes: $f = \frac{A_x + D_k - xv - c}{x}$ und bestimmt nun dessen Maximum. Dann schliesst er genau so, wie dies der Reinerträgler tut: „Was für den einen Flächenteil gilt, gilt auch für alle übrigen", eine Schlussfolgerung, welche bei Bekämpfung der Reinertragstheorie freilich als unzulässig bezeichnet zu werden pflegt. Hat man n Flächeneinheiten, so wird man auf jeder einzelnen das Holz zu der Zeit nutzen müssen, welche wir auf dem angegebenen Wege finden.

Wäre man in der glücklichen Lage, zwischen verschiedenen gleich grossen Wäldern wählen zu können, von denen jeder zu einer anderen Umtriebszeit eingerichtet ist, und würde dabei die Bedingung gesetzt, dass diese Umtriebszeit fortan beizubehalten ist, so würden wir freilich denjenigen wählen, bei welchem f ein Maximum ist. Ist die günstigste Umtriebszeit = u, so ist, wenn wir von den Zwischennutzungen absehen, $\frac{A_u}{u} > \frac{A_{u-n}}{u-n}$ und auch $\frac{A_u}{u} > \frac{A_{u+n}}{u+n}$. Die Jahresnutzung des einen eingerichteten Normalwaldes wäre dann gleich A_u, die des anderen $= \frac{u}{u-n} A_{u-n}$, die des dritten gleich $\frac{u}{u+n} A_{u+n}$. Es ist aber, wie aus obigen Ungleichungen ersichtlich, $A_u > \frac{u}{u+n} A_{u+n}$ und ebenso $> \frac{u}{u-n} A_{u-n}$. Leider hat man aber in der Wirklichkeit nicht solche verschiedenen in idealer Weise eingerichteten Normalwälder neben einander.

So wird denn einfach die Zeit der Abtriebsreife (x) für jeden Einzelbestand zu bestimmen sein. Jeder Bestand gilt als hiebsreif, wenn

$$A_{x+1} - A_x = \frac{A_x + D_k - c}{x} \text{ und}$$

$$\frac{A_{x+1} - A_x}{A_x + D_k - c} = \frac{1}{x}.$$

Es ist dies die Weiserformel für die Anhänger des grössten Waldreinertrags.

Die Abtriebsreife ist vorhanden, wenn der Durchschnittszuwachs dem laufenden gleich ist, ein Fall, der immer dann eintritt, wenn letzterer im Prozentausdruck $= \frac{100}{x}$ (Prozent des Durchschnittszuwachses) ist.

Es sei

im Jahre	der Bestand	im Jahre	der Bestand
70	320	105	500
75	366	110	508
80	396	115	514
85	425	120	519
90	450	125	523
95	475	130	526
100	490	135	528

Der grösste Durchschnittszuwachs ergibt sich für das Jahr 90 mit 5,00. Der Bestand ist zwar nur gleich 450, er würde in den nächsten 5 Jahren um 25, in den folgenden 5 um 15 zuwachsen. Trotzdem wird er jetzt gehauen, weil man sich sagt, dass in den nächsten 90 Jahren abermals 450 erzeugt werden können und von dieser erst nach 90 Jahren zu gewinnenden Menge je 5,00 auf ein Jahr entfallen, also mehr als man jährlich haben würde, wenn man den Bestand noch einige Jahre stehen liesse. Hier ist

der jährliche laufende Zuwachs $= 5$ und der Prozentausdruck wird $p = \frac{100 . 5}{450} = 1{,}11$;
das Prozent des Durchschnittszuwachses ist $\frac{100}{x} = \frac{100}{90} = 1{,}11$, also beides übereinstimmend.
Wählt man dieses Alter als Umtriebszeit, so nimmt man selbstverständlich an, dass die künftigen Erträge in gleicher Höhe wie jetzt wiederkehren werden.

Auch in dieser Beziehung haben die Anhänger des höchsten Waldreinertrags vor denjenigen der Reinertragstheorie nichts voraus. Beide rechnen, wie wir sehen, mit der Zukunft, keiner von ihnen etwa mehr als der andere und es ist deshalb der gegen die letzteren in dieser Hinsicht so gern erhobene Vorwurf nicht berechtigt.

Im übrigen wäre der Zustand, bei welchem gerade der ganze Wald den nach der Theorie höchst möglichen Waldreinertrag abwirft, auch nur als ein idealer zu betrachten, den man in der Wirklichkeit anstrebt, ohne ihn jedoch erreichen zu können. Der Anhänger unserer Theorie hat hier mit Schwierigkeiten der gleichen Art zu kämpfen, wie der Reinerträgler.

Er kann ebensogut wie dieser in die Verlegenheit kommen, Vorratsüberschüsse absetzen und mit der Möglichkeit rechnen zu müssen, dass dann die Preise sinken. Wendet man gegen den finanziellen Umtrieb ein, dass bei demselben die Bodenkraft gefährdet werde, so darf man nicht übersehen, dass eine solche Möglichkeit bei der Umtriebszeit des grössten Waldreinertrags ebensogut eintreten kann. Unbedingte Sicherheit gewährt dieselbe gewiss nicht, da die Preisgestaltung mit den technischen Fragen für die eine Theorie ebensowenig in direktem Zusammenhang steht wie für die andere.

Der Reinerträgler hat einen Bestand A_u zu hauen, statt ihn noch x Jahre im Walde zu belassen, sobald $A_{u+x} < A_u q^x + B (q^x - 1)$ oder $A_{u+x} - A_u < (A_u + B) (q^x - 1)$.

Nach dem Abtrieb könnte der Boden neu kultiviert werden; er brächte während des Zeitraumes von x Jahren einen Nutzen $= B (q^x - 1)$. Dann würde A_u verwertet. Der Zuwachs muss wenigstens den Nutzen aufwiegen, der aus der Verwendung von A_u und durch Neukultur gezogen werden kann. Der Anhänger des grössten Waldreinertrags hat zu hauen, wenn

$$A_{u+x} < A_u + \frac{xA_u}{u} \text{ oder } A_{u+x} - A_u < \frac{xA_u}{u}.$$

$\frac{xA_u}{u}$ ist der Durchschnittszuwachs, welcher nach dem Abtrieb gezogen werden könnte, d. h. natürlich nur rechnungsmässig; denn A_u geht ja erst nach u Jahren ein, jener Durchschnittszuwachs ist der Teil des Zukunftsertrages, welcher rechnungsmässig auf die nächsten x Jahre entfällt. Der Bestand ist hiebsreif, wenn der von ihm zu erwartende Zuwachs nicht mehr ausreicht, jenen Durchschnittszuwachs zu decken. Ob der abgetriebene Bestand irgendwie anderweit verwertet werden kann, bleibt sich dabei gleich. Hat der Bestand das Alter des höchsten Durchschnittszuwachses noch nicht erreicht, so darf er grundsätzlich nicht gehauen werden, wenn das Holz nur noch mehr als $\frac{100}{u}$ % Zunahme besitzt, obgleich es vielleicht nach seinem Abtrieb in irgend welcher Form in noch so vorteilhafter Weise nutzbringend verwandt werden könnte. Dass ein solches Verfahren vom privatwirtschaftlichen Standpunkte aus zu verwerfen sei, ist allgemein anerkannt, dass es aber auch volkswirtschaftlich nicht zutreffend ist, hat bereits Schäffle hervorgehoben, indem er bemerkte: „Auch die frühere Verzehrung des jungen Holzes wirkt in ihren wirtschaftlichen Folgen fort und die daraus entstandenen

und sich fortpflanzenden Kräfte wirken in der Zwischenzeit vielleicht mehr wirtschaftlichen Nutzen, als wenn das Holz stehen geblieben wäre."

§ 55. Aendern sich Preise und Kosten, so ändert sich auch die Umtriebszeit des grössten Waldreinertrags. Voraussetzung für das Maximum ist, dass $\frac{A+D-c}{x}$ kulminiert. Aendern sich nun A, D und c, und zwar A in der Art, dass der Preis mit zunehmendem Alter steigt oder sinkt, so haben wir folgende Ergebnisse:

1. Die Kulturkosten ändern sich. Eine Erhöhung derselben erhöht auch die Umtriebszeit, da mit höherem x der Abzug desselben von den positiven Werten für den Durchschnitt eines Jahres geringer wird. Eine Minderung der Kosten hat die umgekehrte Folge.
2. Der Preis der Haubarkeitsnutzung ändert sich. Ist $D > c$, so erhöht sich die Umtriebszeit mit einer Preiserhöhung und umgekehrt. Im entgegengesetzten Falle würde x steigen, wenn der Preis sinkt, und fallen, wenn er sich erhöht.
3. Eine Zunahme des Durchforstungsertrags drückt die Umtriebszeit herab, eine Verminderung desselben schiebt sie weiter hinaus.

Preiserhöhungen, die bei stärkeren Sortimenten eintreten, haben die Wirkung, die Umtriebszeit zu erhöhen, kommen sie mehr bei schwächeren Sortimenten vor, so veranlassen sie ein Sinken der Umtriebszeit. Treten sie gleichmässig bei allen Sortimenten ein, so haben sie die entgegengesetzte Wirkung, welche Aenderungen der Kosten (Ernte-, Kulturkosten) haben. Praktisch ist dieselbe gering. Anders dagegen liegt die Sache, wenn es sich um zu erwartende Preiserhöhungen handelt.

Nehmen wir an, die Holzpreise hätten das Bestreben, eine Reihe von Jahren hindurch jährlich um π % zu steigen, bis sie später, wenn sie das afache des seitherigen Standes erreicht haben, unveränderlich bleiben. In diesem Falle dürfte ein Bestand, welcher ohne die Preissteigerung augenblicklich hiebsreif sein würde, nicht jetzt gefällt werden, da eine grössere Summe von Waldreinerträgen dadurch erzielt werden kann, dass man das Holz erst später zu Markte bringt. Die Bestände würden eben solange überzuhalten sein, bis der laufende Zuwachs gleich dem normalen Durchschnittszuwachs geworden ist.

Für die Reinertragstheorie lautete die Formel für das Weiserprozent:

$$p_1 + p_2 + p_3 - \frac{(B+V)p}{A_x} \gtrless p.$$

Der Anhänger des grössten Waldreinertrags hat sich zu fragen, wie lange

$$A_{x+1} - A_x > \frac{A_x + D_k - c}{x}.$$

Setzen wir auch hier $A_{x+1} = A_x\, 1{,}0p_1\, 1{,}0p_2\, 1{,}0p_3$ oder kurz

$$A_{x+1} = A_x\left(1 + \frac{p_1 + p_2 + p_3}{100}\right), \text{ so erhalten wir}$$

$$\frac{A_x}{100}(p_1 + p_2 + p_3) > \frac{A_x + D_k - c}{x} \text{ und}$$

$$p_1 + p_2 + p_3 > \frac{100}{x} + \frac{(D_k - c)\,100}{A_x}.$$

Der Hieb ist wirtschaftlich gerecht, sobald die linke Seite gleich der rechten.

Aus dieser Formel geht in anschaulicher Weise der Einfluss hervor, welchen Aenderungen und zwar hier insbesondere vorübergehende Aenderungen auf die Abtriebszeit ausüben. Das Weiserprozent $\frac{100}{x} + \frac{(D_k - c)\,100}{A_x}$ wird um so später gleich $p_1 + p_2 + p_3$, je grösser c und je kleiner D_k und umgekehrt. Hat man einen Teuerungs-

zuwachs zu erwarten, so ist die Abtriebszeit hinauszuschieben. Hierbei können der Theorie recht sonderbare Verlegenheiten erwachsen.

Die Grösse p_1 wird von einem gewissen Alter ab, welches übrigens sehr niedrig ist, immer kleiner und kleiner, sie wird kleiner als $\frac{100}{u}$, wenn der Durchschnittszuwachs an Masse seinen höchsten Betrag erreicht hat. Auch p_2 sinkt von einem bestimmten Alter ab, wird endlich gleich Null und nachher gar negativ. $p_1 + p_2$ kann also auch zu bestimmter Zeit gleich $\frac{100}{x}$ werden. Kommt aber nun ein konstantes p_3 hinzu, so kann x schon recht gross werden, bis endlich (von D_k und c abgesehen) $p_1 + p_2 + p_3 = \frac{100}{x}$ wird. Man wird unter Umständen mit dem Hiebe warten müssen, bis p_2 bereits negativ geworden ist, die Güte des Holzes sich verringert.

Die Reinertragstheorie braucht derartige Misslichkeiten nicht zu besorgen. Der Teuerungszuwachs müsste schon eine ganze Reihe von Jahren hindurch recht bedeutend und das Wirtschaftsprozent sehr mässig sein, wenn es einmal dahin kommen soll, dass $p_1 + p_2$ negativ wird, damit

$$p_1 + p_2 + p_3 = p + \frac{(B + V)p}{A_m}$$

werden kann; die rechte Seite bleibt immer grösser als p. Bei dem Weiserprozent des höchsten Waldreinertrags .. $p_1 + p_2 + p_3 \gtreqless \frac{100}{x}$ ist die rechte Seite bei einigermassen hohen Umtrieben schon sehr klein und wird mit wachsendem Alter des Bestandes immer kleiner und kleiner.

Sehen wir nun aber auch von solchen Fällen, in welchen $p_1 + p_2$ negativ werden müsste, ganz ab, so ist doch hervorzuheben, dass Preisänderungen hier eine viel gewichtigere Rolle spielen, als für die Reinertragstheorie. Es ist dies um so notwendiger, weil der letzteren immer und immer wieder entgegengehalten wird, wie misslich es sei, die Zukunftspreise zu bestimmen. Wenn z. B. in einem offiziellen Werke der neueren Zeit angegeben wird, für die Feststellung der Umtriebszeit in den Staatswaldungen des betr. Landes sei der Grundsatz leitend, den Zeitpunkt der Kulmination des Wertzuwachses zu wählen, dass man grundsätzlich von finanziellen Rechnungsoperationen absehe, welche auf der unsicheren Grundlage einer Vorausbestimmung der Preise für eine ferne Zukunft beruhten, so ist dies nur ein klarer Beweis dafür, dass sich die Anhänger des grössten Waldreinertrags mit ihrer eigenen Theorie noch wenig beschäftigt haben. In der forstlichen Literatur hat m. W. noch keiner derselben sich mit den oben berührten Fragen näher befasst. Wäre dies geschehen, so wären manche Bedenken gegen die Reinertragstheorie schon früher geschwunden, mancher Aufsatz wäre ungedruckt geblieben. Man hätte dann doch bald wahrnehmen müssen, dass die meisten der Einwendungen, welche man gegen die Theorie des Bodenreinertrags erhoben hat, in gleicher Weise auch der eigenen Theorie gegenüber gelten. Der einzige Unterschied, welcher zwischen beiden besteht, wird durch den Zinsfuss und nur durch den Zinsfuss bedingt, eine Tatsache, auf welche gar nicht oft genug nachdrücklich hingewiesen werden kann, weil sie immer und immer wieder übersehen wird.

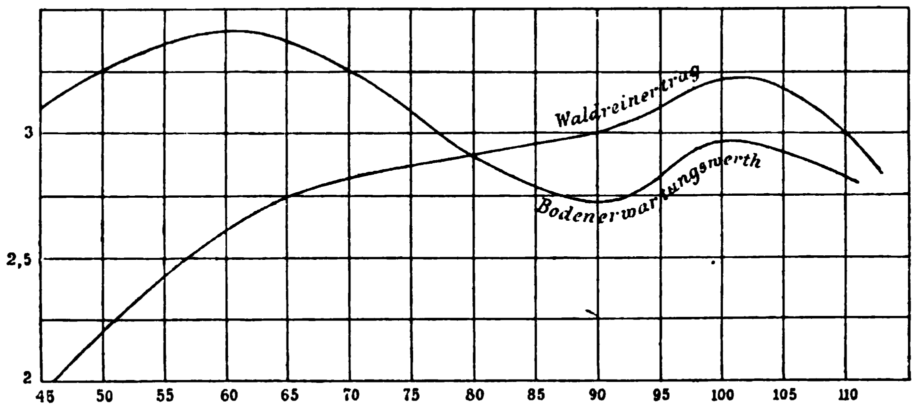
§ 56. In der süddeutschen Monatschrift von 1872 wurde die Vermutung ausgesprochen, bei richtigem Verfahren und richtiger Rechnung würden die Umtriebszeit des grössten Waldreinertrags und diejenige des grössten Bodenreinertrags zusammenfallen. Man brauche nur mit irgend einem Zinsfuss zu rechnen, dann konsequent alle Böden auszuscheiden, für welche man negative Bodenerwartungswerte erhalte, und so

werde denn das Gleichgewicht hergestellt, für welches jene Uebereinstimmung erzielt werde.

Eine mathematische Betrachtung führt uns zu dem Resultat, dass die finanzielle Umtriebszeit und diejenige des grössten Waldreinertrags immer zusammenfallen, wenn der Zinsfuss gleich Null gesetzt wird.

Es ist aber auch noch unter anderen Umständen ein Zusammentreffen denkbar, nämlich dann, wenn die Summe der Durchforstungserträge, welche etwa in der zweiten Hälfte der Umtriebszeit eingehen, bedeutend grösser ist als die Summe aus dem Haubarkeitsertrage und denjenigen Nutzungen, welche etwa in der ersten Hälfte der Umtriebszeit erfolgen. Nach Kraft (Beiträge zur forstl. Zuwachsrechnung S. 121) könnte dieser Bedingung durch einen Lichtungsbetrieb mit sehr verstärkten, den Abtriebsertrag naturgemäss erheblich verkleinernden Lichtungen schon Genüge geleistet werden. Allerdings würde der genannte Fall praktisch wohl nur selten eintreten und dann wird meist, wenn nicht immer, der Bodenerwartungswert schon vorher ein Maximum erreichen, welches grösser ist als das zweite. Eine Reihe von Beispielen, die ich berechnete, mussten schon etwas künstlich zugestutzt werden, um das Eintreten zweier Maxima zu verhüten.

In nachstehendem Beispiel[23]) erreicht der Bodenerwartungswert zwei Maxima, eines gleichzeitig mit demjenigen des Waldreinertrags im Jahr 100, das andere im Jahr 60,

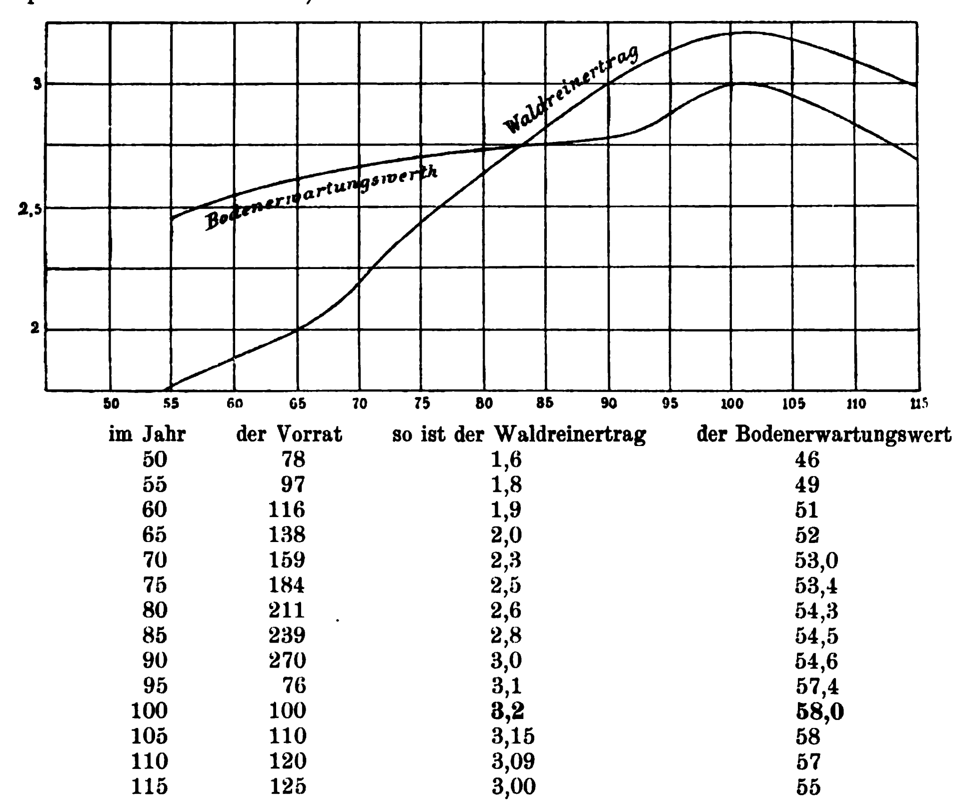


und zwar ist letzteres höher als ersteres. Werden im Jahr 90 als Lichtungsmasse 220 ausgehauen und ist

im Jahr	der Vorrat	so ist der Waldreinertrag	der Bodenerwartungswert
40	68	1,7	56,3
45	90	2,0	62,6
50	110	2,2	65,0
55	132	2,4	67,0
60	156	2,6	68,4
65	177	2,7	67,5
70	196	2,8	65,3
75	214	2,85	62,7
80	232	2,90	59,9
85	252	2,96	57,5
90	270	3,00	54,6
95	76	3,12	57,4
100	100	3,20	58,9
105	110	3,15	58,0
110	114	3,04	56,3

23) Von Kosten wurde hier abgesehen, p = 2 % gesetzt. In der Abbildung ist der Bodenerwartungswert entsprechend verkleinert.

Nur ein Maximum erreicht der Bodenerwartungswert im folgenden Falle (wo wieder p = 2 %, und der Bodenerwartungswert in der zugehörigen bildlichen Darstellung entsprechend verkleinert wurde). Ist



im Jahr	der Vorrat	so ist der Waldreinertrag	der Bodenerwartungswert
50	78	1,6	46
55	97	1,8	49
60	116	1,9	51
65	138	2,0	52
70	159	2,3	53,0
75	184	2,5	53,4
80	211	2,6	54,3
85	239	2,8	54,5
90	270	3,0	54,6
95	76	3,1	57,4
100	100	**3,2**	**58,0**
105	110	3,15	58
110	120	3,09	57
115	125	3,00	55

Treffen einmal wirklich in der Praxis die Maxima von Waldreinertrag und Bodenerwartungswert zusammen, und zwar ohne dass letzterer bereits vorher ein Maximum erreichte, so ist dies nur als ein Zufall zu betrachten. Ein solches Zusammentreffen absichtlich anstreben zu wollen, würde verfehlt sein, der Zweck würde leicht mit allzugrossen Opfern erkauft.

So ist denn auch der letztgenannte Versuch, der Theorie des grössten Waldreinertrags eine streng folgerichtige wirtschaftliche Begründung zu verleihen, nicht geglückt. Eine trennende Kluft zwischen der sog. „Bruttoschule“ und der Reinertragstheorie bildet stets der Zins. Derselbe kann ja immerhin so mässig sein, dass die Ziele beider Schulen nicht weit auseinander gehen, dagegen können wir den Gedanken, dass er einmal gleich Null werden könnte, als unpraktisch ganz ausser acht lassen. Hiernach ist eine Versöhnung beider Theorien (Brutto- und Reinertragsschule) im Prinzip ausgeschlossen. In der Tat aber wird eine solche erfolgen, sobald sich die Forstwelt davon überzeugt hat, dass die weitaus meisten Einwendungen, welche man gegen die Reinertragstheorie erhoben hat, auch der Bruttoschule gegenüber gelten und dass die Gefahren, welche aus einer Anwendung der Zinsrechnung befürchtet werden, auf unzutreffenden Annahmen oder übereilten Rechnungen mit in einem bestimmten Falle gegebenen Grössen beruhen.

IX.

*Holzmesskunde.

Von

Adolf Ritter von Guttenberg.

Dr. Franz Baur, Die Holzmesskunde, 4. Auflage. Berlin 1891. Max Kunze, Lehrbuch der Holzmesskunst. Berlin 1873. Derselbe, Anleitung zur Aufnahme des Holzgehaltes der Waldbestände. Berlin 1886. F. Fankhauser, jun., Praktische Anleitung zur Bestandesaufnahme. Bern 1884. Ferd. L. Langenbacher und Em. A. Nossek, Lehr- und Handbuch der Holzmesskunde, I. Teil, Leipzig 1889. Dr. Adam Schwappach, Leitfaden der Holzmesskunde, 2. Aufl., Berlin 1903. Dr. Udo Müller, Lehrbuch der Holzmesskunde, Leipzig 1899. Im Rahmen der Forsteinrichtungslehre ist die Holzmesskunde als kurzer Abriss enthalten in Dr. Carl Heyers Waldertragsregelung. 3. Auflage, bearbeitet von Dr. Gustav Heyer, Leipzig 1883, dann in Dr. F. Graner, die Forsteinrichtung, Tübingen 1889 und Dr. H. Stoetzer, die Forsteinrichtung, Frankfurt a. M. 1898.

Einleitung.

Die Holzmesskunde lehrt, das Hauptprodukt der Forstwirtschaft, das Holz, — und zwar sowohl in einzelnen Stammteilen und ganzen Stämmen, als auch bezüglich der Masse ganzer Bestände — nach seinem Kubikinhalte zu messen.

Da es sich hierbei zumeist um die Bestimmung des Kubikinhaltes gegebener Körper auf Grund bestimmter Messungen (der Längen, Stärken etc.) handelt, welche nach den Lehrsätzen der Stereometrie zu erfolgen hat, so hat man diese Lehre auch als forstliche Stereometrie bezeichnet. Die Feststellung der zweckmässigen Art dieser Messungen und ihrer mathematischen Verwertung, dann die Beschreibung der dazu dienlichen Instrumente ist demnach die hauptsächliche Aufgabe der Holzmesskunde. Nebst der Bestimmung der Holzmasse wird aber auch die Ermittelung und Berechnung des an Stämmen oder ganzen Beständen erfolgenden Zuwachses in die Aufgabe der Holzmesskunde einbezogen, nachdem diese Ermittelung in der Regel gleichfalls nur auf der Berechnung und Vergleichung der Holzmassen vor und nach einem bestimmten Zeitraume beruht. Dieser Lehre von der Zuwachsermittelung werden wir hier auch noch das Wesentlichste aus der Zuwachslehre selbst, d. h. aus unseren dermaligen Kenntnissen über die Wachstumsgesetze der Bäume und Bestände anschliessen.

Schliesslich werden wir auch der Ermittelung des Alters von Bäumen und Beständen einen Abschnitt widmen, da manche Aufgaben der Zuwachsermittelung eine vorherige präzise Bestimmung des Alters voraussetzen.

Die Masseinheit, nach welcher die Bemessung der Holzmassen und des Zuwachses erfolgt, ist das Kubikmeter und zwar kommt nebst dem mit solider Holzmasse ausgefüllten Raume eines Kubikmeters, dem „Festkubikmeter“ oder auch kurz „Festmeter“

bei den Schichthölzern auch der bloss teilweise mit Holzmasse ausgefüllte Raum von je 1 m Länge, Breite und Höhe als „Raumkubikmeter“ oder „Raummeter“ in Betracht. Um auch die nach Raummassen gemessenen Holzmengen auf ihren Kubikinhalt an solider Holzmasse bestimmen, also der Inhalt der Raummasse auf Festkubikmeter reduzieren zu können, ist es notwendig, den soliden Holzgehalt der Raummasse verschiener Sortimente zu ermitteln, wozu gleichfalls die Holzmesskunde die geeigneten Wege angibt.

Als Grundlage der Holzmesskunde dienen, wie aus dem Vorstehenden hervorgeht, hauptsächlich die Lehrsätze der Stereometrie, welche für unseren Zweck zum Teil speziell zu entwickeln sein werden; für die Volumsbestimmung sehr unregelmässig geformter oder sonst für eine direkte stereometrische Messung nicht geeigneter Stammteile werden wir einige Sätze der Physik (physikalische Methoden) benutzen, ferner kann auch die Wahrscheinlichkeitsrechnung bei manchen unserer Aufgaben Anwendung finden [1]). Ist demnach auch die Holzmesskunde vorwiegend als angewandte Mathematik zu bezeichnen und bisher auch vorwiegend nur als solche betrachtet worden, so können wir gleichwohl auch hier eine zweite, naturwissenschaftliche Grundlage, nämlich die Kenntnis und Erfahrung über die Form der Baumstämme, über die Beschaffenheit und Zusammensetzung der Bestände, über die Art und Weise des Zuwachses am Baume und im Bestande nicht entbehren, und es müssen also für die Entwickelung und Förderung unseres Gegenstandes Untersuchungen am Baume und im Walde sowie die Berücksichtigung der Resultate solcher Forschungen mit der rein mathematisch-theoretischen Entwickelung ihrer Grundsätze Hand in Hand gehen. Für die Entwickelung der Theorie wird es sich dabei um die Feststellung präziser und mathematisch unanfechtbarer Messungsmethoden, für die Praxis aber vorwiegend um die Feststellung jener Methoden handeln, welche bei entsprechender Einfachheit und leichter Anwendbarkeit ein möglichst, oder für den beabsichtigten Zweck noch hinlänglich zuverlässiges Resultat sichern.

Die Holzmesskunde wurde früher zumeist als ein Teil der Forsttaxation oder Waldertragsregelung behandelt, welche derselben auch für ihre Massen- und Zuwachserhebungen am meisten bedarf; sie findet aber keineswegs nur hier, sondern auch sonst nahezu bei allen Arbeiten des Forstwirtes ihre Anwendung, und der Forstverwalter kann der Kenntnis der Holzmesskunde ebensowenig entbehren als der Taxator. Dieser Umstand, sowie der Umfang und der streng für sich abgeschlossene Rahmen ihrer Aufgaben rechtfertigen deren Behandlung als selbständige Disziplin.

Eine gewisse Praxis in der Holzmessung hatte sich begreiflicherweise schon seit der Zeit ausgebildet, als das Holz Gegenstand der Wertbemessung und des Verkaufes wurde; die wissenschaftliche Behandlung derselben in der Literatur reicht jedoch nicht hinter den Anfang des 19. Jahrhunderts zurück. Begründet wurde dieselbe hauptsächlich durch W. Hossfeld [2]), G. König [3]) und H. L. Smalian [4]); um ihre weitere Fortbildung haben sich insbesondere Fr. Riecke, Karl, Gustav und Eduard Heyer, M. R. Pressler, K. Breymann, A. Draudt, F. Baur, M. Kunze, T. Lorey u. A. verdient gemacht.

Die empfehlenswerten Lehrbücher über die Holzmesskunde und Anleitungen zur Bestandesaufnahme haben wir bereits im Eingange namhaft gemacht; auf kleinere Schriften über einzelne spezielle Teile dieses Gebietes werden wir uns bei Behandlung

---

1) Siehe Breymann „Anleitung zur Holzmesskunst etc.“ Seite 293 u. ff. Dann Lorey, „Ueber Probestämme“.

2) Niedere und höhere Stereometrie etc. Leipzig 1812.

3) Anleitung zur Holztaxation. Gotha 1813, dann Forstmathematik, Gotha 1835.

4) Beitrag zur Holzmesskunst. Stralsund 1837.

der letzteren beziehen. Ein grosser Teil der Literatur über Holzmesskunde ist in den forstlichen Zeitschriften, insbesondere der A. F.- u. J.-Z. enthalten.

Aus den vorhin bezeichneten Aufgaben der Holzmesskunde einschliesslich der Zuwachslehre ergiebt sich die nachstehende Einteilung des Stoffes:

I. Ermittelung der Holzmasse liegender (gefällter) Stämme oder Stammstücke und aufgearbeiteten Holzes.
II. Ermittelung der Holzmasse stehender Bäume.
III. Ermittelung der Holzmasse ganzer Bestände.
IV. Ermittelung des Alters von Stämmen und Beständen.
V. Ermittelung des Zuwachses am Einzelstamme und an Beständen.
VI. Die Zuwachslehre.

I. Ermittelung der Holzmasse liegender (gefällter) Stämme oder Stammstücke und aufgearbeiteten Holzes.

Es handelt sich hier entweder um die Kubierung ganzer (also unaufgearbeiteter) Stämme im Liegenden (meist für Zwecke der sogenannten Taxation bei der Forsteinrichtung und Waldwertberechnung) oder um die Massenbestimmung aufgearbeiteter Hölzer, letzteres vorwiegend für die Zwecke des Wirtschaftsbetriebes (Verkaufes etc.); aber auch für die Kubierung ganzer Stämme müssen dieselben in den eigentlichen Schaft, als den regelmässiger gebildeten Hauptteil des Baumes und in die unregelmässiger gestalteten, zum Teile auch ihrer Kleinheit wegen anders zu kubierenden Teile (Aeste, Reisig und Wurzelstock) zerlegt werden.

A. Massenermittlung für unaufgearbeitete Baumschäfte und Schaftstücke.

§ 1. Die Form der Baumschäfte. Die Schäfte der im Bestandesschlusse erwachsenen Baumstämme zeigen in der Regel eine ganz oder doch nahezu geradlinige Längenaxe und einen in bezug auf diese Längenaxe symmetrischen Aufbau; die winkelrecht auf die Längenaxe geführten Querschnitte erscheinen, besonders in dem mittleren Schaftstücke, annähernd kreisförmig, im untersten Stammteile, dem Wurzelanlaufe, und ebenso in der Baumkrone an den Stellen der Asteingänge allerdings oft mehr unregelmässig gestaltet; letzteres insbesondere bei den Laubhölzern, wogegen die Nadelhölzer oft durch die ganze Stammlänge nahezu vollkommen kreisrunde Querschnitte ausbilden. Wir können daher, wenn wir von diesen kleinen Unregelmässigkeiten absehen, die Baumschäfte im allgemeinen als Rotationskörper betrachten, welche durch Umdrehung des nach aussen durch eine bestimmte Kurve begrenzten Längsschnittes um die Mittelaxe des Stammes enstanden sind.

Die Kubierungsformel für Rotationskörper lautet bekanntlich

$$v = \pi \int y^2 dx$$

und es wird daher, wenn uns die Gleichung der Stammkurve bekannt ist, keiner Schwierigkeit unterliegen, eine allgemein giltige Formel für die Kubierung der ganzen Baumschäfte daraus abzuleiten; es ist jedoch hier noch die weitere Forderung zu stellen, dass diese Formeln, um in der Praxis anwendbar zu sein, möglichst einfach gestaltet sein sollen. Aus zahlreichen Untersuchungen über die Schaftformen geht hervor, dass die Schaftkurve im allgemeinen eine $\int$förmig gekrümmte Linie ist (siehe Figur 1 S. 163), im einzelnen aber je nach der Holzart, dem Alter, dem Standorte, der Höhe und Stärke der Beastung etc. ausserordentlich viele Modifikationen aufweist. Auch hier werden wir übrigens zweckmässigerweise den durch die Wurzeleingänge meist

mehr unregelmässig gestalteten Fuss des Stammes von dem am regelmässigsten geformten Mittelstücke und dem in der Krone gelegenen obersten Schaftteile unterscheiden. Das unterste Stammstück ist durch eine mehr oder weniger starke Einbiegung, also einen gegen die Stammaxe konvexen Verlauf charakterisiert. Dieses einem eingebauchten Kegelstutze zu vergleichende Stück reicht bei jüngeren Stämmen kaum über die gewöhnliche Stockhöhe hinauf, bei sehr alten, dann bei dominierenden oder mehr frei stehenden Stämmen aber nicht selten auch bis zu 3—4 Meter Höhe, daher auch hier dasselbe nicht mehr wohl als „Wurzelanlauf", sondern besser als „Stammfuss" zu bezeichnen sein wird. Das mittlere Stammstück ist, besonders bei sehr vollholzigen Stämmen, nicht selten fast ganz geradlinig begrenzt oder aber nur sehr wenig ausgebaucht, d. h. gegen die Stammaxe etwas konkav geformt; das oberste Stammstück variiert je nach der Beastung und dem noch lebhaften oder bereits geringen Höhenzuwachse in seiner Form am meisten. Zumeist ist es gegen die Spitze hin stärker gekrümmt, also einem Paraboloid ähnlich, nicht selten aber auch an der Spitze wieder in einen geradlinigen und (bei den stark verästeten Laubhölzern) selbst in einen eingebauchten Kegel übergehend.

In Figur 2—10 sind aus zahlreichen von mir erhobenen Stammformen einige Typen vorgeführt, wogegen Figur 1 die Normalform der Fichte auf besserem Standorte wiedergiebt, wie selbe von mir als geometrisches Mittel aus einer grösseren Zahl von Stämmen bestimmt wurde [5]).

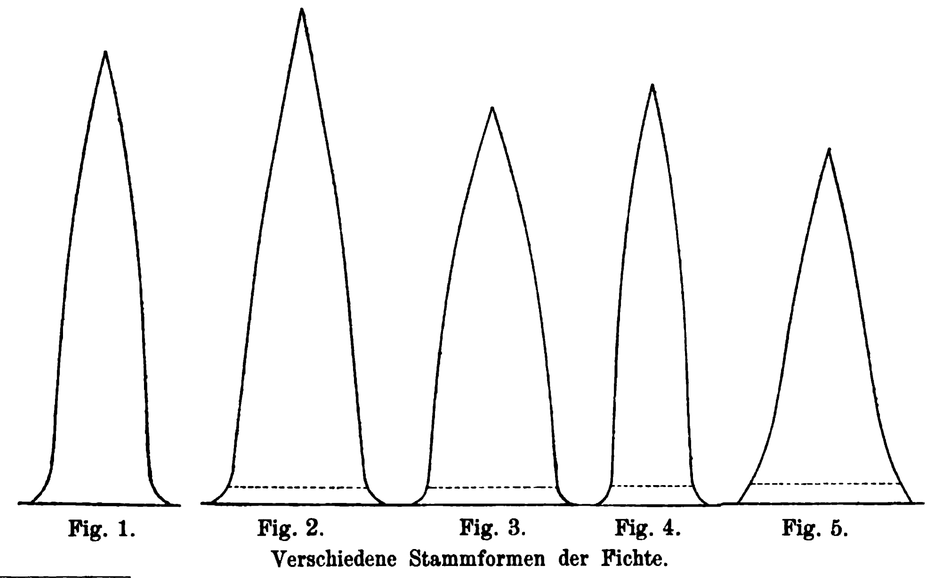


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.
Verschiedene Stammformen der Fichte.

5) Von den obigen typischen Stammformen zeigt Fig. 2 die Schaftform einer älteren (170jährigen) Fichte in ziemlich freiem Stande, Fig. 3 eine solche (140jähr.) in mässigem Bestandesschlusse und Fig. 4 den in der unteren Hälfte nahezu walzenförmigen Schaft einer 120jährigen Fichte in dichtem Bestandesschlusse. Fig. 5 ist die Form einer freistehenden, tiefbeasteten 180jährigen Fichte der Hochlage. Wenn man von der bei einzelnen Stämmen mehr oder weniger hoch hinaufreichenden Verbreiterung des Stammgrundes, dem sog. Wurzelanlaufe, absieht, so kann man die in Fig. 2 dargestellte Stammform annähernd aus einem Kegelstutz und einem Vollkegel, jene in Fig. 4 aus einer Walze und einem Paraboloid zusammengesetzt, die in Fig. 5 dargestellte Stammform dagegen in der unteren Hälfte als Neiloid und in der oberen Hälfte als einen nur wenig ausgebauchten Kegel betrachten, während die in Fig. 3 wiedergegebene Stammform eine sehr regelmässig gestaltete parabolische Stammkurve zeigt. Fig. 1 ist die Normalform der Fichte, wie sich dieselbe aus

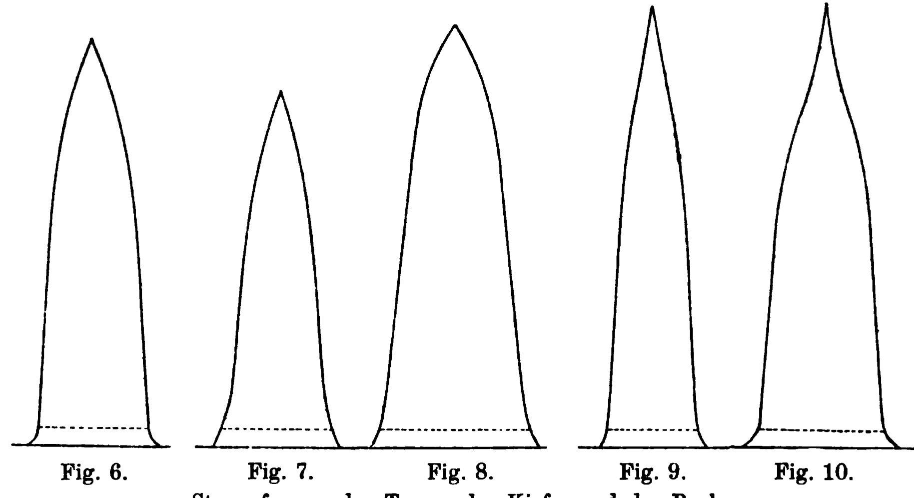


Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9. Fig. 10.
Stammformen der Tanne, der Kiefer und der Buche.

Vergleicht man den Kubikinhalt verschiedener Baumschäfte mit jenem der bekannteren Rotationskörper (für letztere gleiche Grundfläche und Höhe wie jene der Baumschäfte vorausgesetzt), so findet man, dass dieser Kubikinhalt im allgemeinen zwischen jenem des gemeinen Kegels und des durch die apollonische Parabel gebildeten Paraboloides schwankt, zumeist dem Inhalte des letzteren näherliegend; nur sehr selten (bei tiefbeasteten, freistehenden Stämmen) fällt der Stamminhalt unter jenen des geradseitigen Kegels oder übertrifft jenen des apollonischen Paraboloides und es wären also das Neiloid einerseits und das durch Umdrehung der kubischen Parabel entstehende Paraboloid anderseits als die äussersten Grenzwerte der Stamminhalte im Vergleiche mit jenen Umdrehungskörpern zu betrachten. Die Form der Baumschäfte ist aber dabei stets von jener der letzteren wesentlich verschieden, selbst wenn der Inhalt eines solchen zufällig genau mit dem Inhalte eines Kegels oder Paraboloides übereinstimmen sollte; — es ist daher nicht zulässig, die Baumschäfte im ganzen als solche Körper mit einfachen Begrenzungslinien zu betrachten oder die Kubierungsformeln der letztern auf erstere anzuwenden. Wohl aber können wir die einzelnen Teile des Baumschaftes mit nur geringer Abweichung von der Wirklichkeit als Stücke von geradseitigen Kegeln, Neiloiden und Paraboloiden betrachten (d. h. man kann sich die Stammkurve aus Stücken der genannten Kurven und zum Teile auch aus geraden Linien annähernd zusammensetzen) und zwar dies mit um so geringerem Fehler, je kürzer solche Stücke

---

der Form einer grösseren Anzahl von Mittelstämmen geschlossener haubarer Bestände ergiebt.

Fig. 6 giebt die Stammform einer 180 jährigen Tanne, Fig. 7 jene einer haubaren (110-jährigen) und Fig. 8 jene einer sehr alten (200 jährigen) und starken Kiefer, Fig. 9 die schlanke Stammform der Buche (120 jährig) im gut geschlossenen Bestande, Fig. 10 dagegen jene einer 160 jährigen, in mässigem Schlusse stehenden Buche.

Die Tanne und Buche haben dabei den vollholzigen, fast walzenförmigen unteren Schaftteil gemein, auf welchen bei der Tanne ein gleichfalls vollholziges, bei der Buche aber ein schlankes, meist etwas eingebauchtes Gipfelstück folgt. Die Kiefer ist im Gegensatze zur Buche durch eine abholzige, kegelförmige oder selbst eingebauchte Form des unteren Schaftteiles und ein stark parabolisch ausgebauchtes Gipfelstück charakterisiert.

Bei allen Figuren 1—10 ist zur deutlicheren Darstellung der Formverhältnisse die Breite in 20facher Grösse gegenüber der Höhe gezeichnet. Die punktierte Linie am Stammgrunde bezeichnet die übliche Messhöhe der Stammgrundstärken von 1,3 Meter.

genommen werden. Für die partielle Stammkubierung ist daher die Anwendung der bekannten Kubierungsformeln jener Rotationskonoide ganz wohl berechtigt.

Für die Ableitung von Kubierungsformeln für ganze Stämme oder grössere Stammstücke können wir zwei Wege einschlagen, indem wir entweder den ganzen Schaft als ein nach einem bestimmten Gesetze gebildetes Konoid betrachten und dafür eine möglichst allgemein giltige Gleichung aufsuchen, oder uns denselben für die Kubierung in eine Anzahl von Sektionen zerlegt denken, für welche dann die bekannten Kubierungsformeln des Kegels, des Neiloides und des Paraboloides anwendbar erscheinen. Auch für den letzteren Fall ist es jedoch wünschenswert, möglichst allgemein giltige Kubierungsformeln in Anwendung zu bringen, einmal, um nicht jeden Stammteil nach einer anderen Formel berechnen zu müssen, aber auch deshalb, weil infolge des bedeutenden Ueberwiegens der Längen- gegen die Stärkedimension sich an den einzelnen Stammsektionen nicht ohne weiteres erkennen lässt, welcher Form sie sich am meisten nähern.

§ 2. **Ableitung allgemeiner Kubierungsformeln.** Für die Rotationskonoide kann allgemein als Gleichung der Erzeugenden der Ausdruck angenommen werden:

$$y^2 = A + Bx + Cx^2 + Dx^3 + \ldots\ldots$$

oder auch unter Einführung der Querflächen:

$$g_x = a + bx + cx^2 + dx^3 + \ldots\ldots$$

welch' letzterer Ausdruck auch von der Annahme kreisförmiger Querschnitte der Stämme unabhängig ist, und für seine Verwertung nur erfordert, dass eine Anzahl auf der Axe winkelrechter Querflächen überhaupt genau bestimmbar sei [6]).

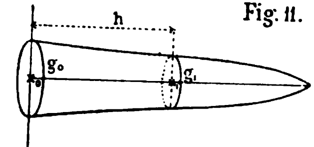
Je mehr solcher Querschnittsmessungen vorliegen, desto mehr Koeffizienten des obigen Ausdrucks können damit bestimmt werden und desto allgemeiner wird daher auch die betreffende Formel anwendbar sein.

Liegen nur zwei solcher Querschnittsbestimmungen (des obersten und untersten Querschnittes) vor, so können nur zwei der Koeffizienten a, b, c . . . bestimmt werden; wir können daher für die Abhängigkeit der Querschnitte von der veränderlichen Abscisse x nur den Ausdruck aufstellen: $G_x = a + bx$.

Es ist nach Figur 11

$$x_0 = 0, \quad x_1 = h,$$

welchen Abszissen die Querschnitte g_0 und g_1 entsprechen, und es ergeben sich die beiden Gleichungen:



$$g_0 = a + bx_0 = a \ldots\ldots (1.)$$

$$g_1 = a + bx_1 = a + bh$$

somit: $g_1 - g_0 = bh \ldots. (2.)$

womit die Werte der beiden Koeffizienten a und b gegeben sind.

Die allgemeine Formel für das Volumen eines Körpers ist aber bekanntlich

---

6) Den oben genannten, bekannteren Rotations-Konoiden (Paraboloid, Kegel, Neiloid etc.) würde allgemein als Gleichung ihrer Erzeugenden die Beziehung $y^2 = px^m$ entsprechen, welche daher auch mehrfach als allgemeine Gleichung der Stammkurven betrachtet und der Ableitung von Kubierungsformeln zugrunde gelegt wurde. Diese Gleichung der sog. Potenzkurven entspricht jedoch selbst in dieser allgemeinen Form nicht dem wirklichen Verlaufe der Schaftkurven, daher mit der Ableitung der bekannteren Kubierungsformeln aus derselben noch kein Beweis für ihre Anwendbarkeit zur Kubierung ganzer Stämme erbracht ist. Vgl. Prof. Dr. Oscar Simony's „Die näherungsweise Flächen- und Körperberechnung in der wissenschaftlichen Holzmesskunde," (M. a. d. f. V. Oe., XXVI. Heft, Wien 1901), in welcher Schrift

$v = \int g_x dx$, daher in unserem Falle, da innerhalb der Grenzwerte für die Abscissen von $x_0 = 0$ und $x_1 = h$ zu integrieren ist:
$v = \int_0^h g_x\, dx = \int_0^h (a + bx)dx = ah + \frac{bh^2}{2} = \frac{h}{2}$ $(2a + bh)$ und nach Einsetzung der obigen Werte für a und bh: $v = \frac{h}{2}$ $(g_0 + g_1)$, welche Formel daher für alle jene Stämme oder Stammstücke giltig ist, deren Schaftkurve der Gleichung $y^2 = A + Bx$ entspricht. Von den Gleichungen der vorgenannten Begrenzungslinien ist nur jene des Paraboloides $(y^2 = px)$ in dem obigen Ausdrucke enthalten, daher auch obige Formel nur für parabolisch ausgebauchte Stammstücke giltig. Diese Formel wurde zuerst von Smalian im Jahre 1806 in die Holzmesskunde eingeführt und wird daher meist als die Smalian'sche Formel bezeichnet.

Bezeichnet man die untere Querfläche mit g_u, die obere mit g_o, so lautet die Formel $v = \frac{g_u + g_o}{2} h$ und für den Vollkegel, da hier $g_o = 0$ wird, $v = {}^1/_2\, g_u\, h$; also ebenfalls die bekannte Formel für den Inhalt des Paraboloides aus Grundfläche und Höhe.

Wird nebst der oberen und unteren noch eine dritte Querfläche in der Mitte der beiden vorigen abgemessen, so können die Koeffizienten der Gleichung $g_x = a + bx + cx^2$ bestimmt werden. Es ist nach Figur 12

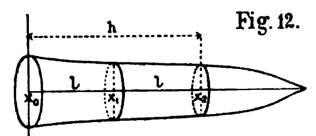


Fig. 12.

$$x_0 = 0,\; x_1 = \frac{h}{2} = l,\; x_2 = h = 2l,$$

welchen Abszissen die Querschnitte g_o, g_1 und g_2 entsprechen, und es ergeben sich die Bestimmungsgleichungen:

$$g_o = a + bx_0 + cx_0^2 = a \;\ldots\ldots\; (1)$$
$$g_1 = a + bx_1 + cx_1^2 = a + bl + cl^2$$
$$g_2 = a + bx_2 + cx_2^2 = a + 2bl + 4cl^2$$

und hieraus: $g_1 - g_o = bl + cl^2$
$g_2 - g_1 = bl + 3cl^2$

und ferner: $g_2 - 2g_1 + g_o = 2cl^2 \;\ldots\; (2.)$

Aus der ersten dieser durch Subtraktion gebildeten Gleichungen erhalten wir zur Bestimmung des Koeffizienten b

$$bl = g_1 - g_o - bl^2 = g_1 - g_o - \frac{g_2 - 2g_1 + g_o}{2} = \frac{4g_1 - 3g_o - g_2}{2} \;\ldots\; (3)$$

Für die Bestimmung der Koeffizienten a, b, c haben wir demnach die Ausdrücke $a = g_o$, $2bl = 4g_1 - 3g_o - g_2$, $2cl^2 = g_2 - 2g_1 + g_o$, welche Ausdrücke wir gleich in die folgende Gleichung für das Volumen einführen wollen, wobei die Integration in den Grenzen von $x = 0$ bis $x = 2l$ vorzunehmen ist.

$$v = \int_0^{2l} g_x\, dx = \int_0^{2l} (a + bx + cx^2)\, dx = 2al + 2bl^2 + \frac{8cl^3}{3} = \frac{l}{3}\,(6a + 6bl + 8cl^3) =$$
$$= \frac{l}{3}\left\{\begin{matrix} +6g_o \\ -9g_o + 12g_1 - 3g_2 \\ +4g_o - 8g_1 + 4g_2 \end{matrix}\right\} = \frac{l}{3}\,(g_o + 4g_1 + g_2) = \frac{h}{6}(g_o + 4g_1 + g_2)$$

Bezeichnet man die untere, mittlere und obere Oberfläche mit g_u, $g_{1/2}$ und g_o, so lautet die Formel $v = \frac{h}{6}\,(g_u + 4g_{1/2} + g_o)$ und für ganze Stämme erhält dieselbe, da hier $g_o = 0$ wird, die Form $v = \frac{h}{6}(g_u + 4g_{1/2})$.

Dr. Simony eine Ableitung allgemeiner Kubierungsformeln für Stämme auf elementarem Wege giebt.

Diese von **Riecke** in die Holzmesskunde eingeführte und zumeist nach ihm benannte (eigentlich Newton'sche) Formel erfüllt übrigens, wie **Riecke** selbst nachgewiesen hat [7]), auch die Bedingungen der Gleichung $g_x = a + bx + cx^2 + dx^3$, daher die von **Breymann** aus der letzteren abgeleitete Formel

$$v = \frac{h}{8}[(g_0 + g_3) + 3\,(g_1 + g_2)]$$

keinen weiteren Kreis der Anwendbarkeit besitzt als erstere [8]).

Die Riecke'sche Formel ist demnach für alle Rotationskörper anwendbar, welchen die Gleichung $y^2 = A + B_x + C_x^2 + D_x^3$ Genüge leistet, in welchem Ausdrucke nebst der Gleichung des Paraboloides auch jene des geradseitigen Kegels ($y^2 = px^2$) und jene des Neiloides ($y^2 = px^3$) enthalten sind, daher also diese Formel für jene drei Körperformen gemeinsam Geltung hat [9]).

Alle weiteren, aus einer grösseren Anzahl von Abmessungen (beziehungsweise Koeffizienten) abgeleiteten Formeln werden für die praktische Anwendung bereits zu

---

7) Ueber die Berechnung des körperlichen Inhaltes unbeschlagener Baumstämme. Stuttgart 1849.

8) Für die durch obige Gleichung charakterisierten Körper ist das Volumen

$$v = \int_0^h g_x\,dx = \int_0^h (a + bx + cx^2 + dx^3)\,dx = ah + \frac{bh^2}{2} + \frac{ch^3}{3} + \frac{dh^4}{4};$$

nach Riecke's Formel ergiebt sich aber, da $x_0 = 0$, $x_1 = \frac{h}{2}$, $x_2 = h$, ferner:

$$g_0 = a$$

$$g_1 = a + \frac{bh}{2} + \frac{ch^2}{4} + \frac{dh^3}{8}$$

$$g_2 = a + bh + ch^2 + dh^3 \text{ ist,}$$

$$g_0 + 4g_1 + g_2 = 6a + 3bh + 2ch^2 + \frac{3dh^3}{2} \text{ und}$$

$$\frac{h}{6}(g_0 + 4g_1 + g_2) = ah + \frac{bh^2}{2} + \frac{ch^3}{3} + \frac{dh^4}{4} \text{ wie oben.}$$

9) Es können auch die bekannten Kubierungsformeln des Paraboloides, des Kegels und des Neiloides, sowie auch jene der Walze leicht aus der Riecke'schen Formel abgeleitet werden, wenn man statt der mittleren Querfläche ($g_{1/2}$) die betreffenden aus g_u und g_o ausgedrückten Werte substituiert. Für das Paraboloid ist

$$g_{1/2} = \frac{g_u + g_o}{2}, \text{ somit } v = \frac{h}{6}\left(g_u + 4\,\frac{g_u + g_o}{2} + g_o\right) = h\,\frac{g_u + g_o}{2}.$$

Für den Kegel ist $d_{1/2} = \frac{d_u + d_o}{2}$, somit $g_{1/2} = \frac{g_u + 2\sqrt{g_u g_o} + g_o}{4}$

$$\text{und } v = \frac{h}{6}(g_u + 4g_{1/2} + g_o) = \frac{h}{6}\left(g_u + 4\,\frac{g_u + 2\sqrt{g_u g_o} + g_o}{4} + g_o\right)$$

$$= \frac{h}{3}\left(g_u + \sqrt{g_u g_o} + g_o\right).$$

Für das Neiloid ist $g_{1/2}^{1/3} = \frac{g_u^{1/3} + g_o^{1/3}}{2}$ oder $g_{1/2} = \frac{g_u + 3\sqrt[3]{g_u^2 g_o} + 3\sqrt[3]{g_u g_o^2} + g_o}{8}$

$$\text{somit } v = \frac{h}{6}(g_u + 4g_{1/2} + g_o) = \frac{h}{6}\left(g_u + g_o + \frac{g_u + 3\sqrt[3]{g_u^2 g_o} + 3\sqrt[3]{g_u g_o^2} + g_o}{2}\right)$$

$$= \frac{h}{4}\left(g_u + \sqrt[3]{g_u^2 g_o} + \sqrt[3]{g_u g_o^2} + g_o\right).$$

Für die Walze endlich ist $g_u = g_{1/2} = g_o = g$, somit $v = \frac{h}{6}(g_u + 4g_{1/2} + g_o) = gh$.

kompliziert und können daher nicht mehr in Betracht kommen. So ergiebt sich für fünf gemessene Querflächen oder $g_x = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4$ nach analoger Ableitung, wie wir sie eben für die Riecke'sche Formel durchgeführt haben:

$$v = \frac{h}{90}\,[7(g_0 + g_4) + 12 g_2 + 32(g_1 + g_3)].$$

§ 3. Fortsetzung.

Die im vorigen § abgeleiteten Kubierungsformeln enthalten stets die unterste und oberste Querfläche des zu messenden Stammstückes; es ist jedoch bei der Kubierung ganzer Stämme zweckmässig, den untersten Querschnitt seiner unregelmässigen Form wegen zu eliminieren und es sollen daher noch einige weitere Formeln mit Hinweglassung der untersten Querfläche abgeleitet werden, wobei die vorzunehmenden mittleren und bez. oberen Abmasse stets in gleicher Entfernung l von einander zu nehmen sein werden. Für den einfachsten Fall der Einführung von zwei Querschnitten ist wieder $g_x = a + bx$, ferner nach Figur 13:

$$x_1 = l,\; x_2 = 2l = h,$$

und für die betreffenden Querflächen entsprechen daher die Gleichungen:

Fig. 13.

$$g_1 = a + bx_1 = a + bl$$
$$g_2 = a + bx_2 = a + 2bl$$
$$g_2 - g_1 = bl \;\ldots\ldots (1.)$$
$$a = g_1 - bl = g_1 - (g_2 - g_1) = 2g_1 - g_2 \;\ldots\ldots (2.)$$

Für das Volumen erhalten wir:

$$v = \int_0^{2l} g_x\,dx = \int_0^{2l} (a + bx)\,dx = 2al + 2bl^2 = 2l(a + bl)$$

und unter Einsetzung der Werte aus 1. und 2. für a und bl $v = 2l(2g_1 - g_2 + g_2 - g_1)$ $= 2lg_1$, oder da $2l = h$, und g_1 hier $= g_{1/2}$, auch $v = hg_{1/2}$.

Wir erhalten also die bekannte Formel für den Inhalt des Paraboloides aus dessen mittlerer Querfläche, welche Formel zuerst von dem bayerischen Forstwirte Huber zur Anwendung bei Stammkubierungen empfohlen worden ist.

Bei der Anwendung von drei Abmassen ist $l = \frac{1}{3}h$, $x_1 = l$, $x_2 = 2l$, $x_3 = 3l$ und allgemein $g_x = a + bx + cx^2$; speziell ist:

Fig. 14.

$$g_1 = a + bl + cl^2$$
$$g_2 = a + 2bl + 4cl^2$$
$$g_3 = a + 3bl + 9cl^2$$
$$g_2 - g_1 = bl + 3cl^2$$
$$g_3 - g_2 = bl + 5cl^2$$
$$g_3 - 2g_2 + g_1 = 2cl^2 \;\ldots\ldots (1.)$$

$$bl = g_2 - g_1 - 3cl^2 = g_2 - g_1 - \frac{3g_3 - 6g_2 + 3g_1}{2}$$
$$2bl = -5g_1 + 8g_2 - 3g_3 \;\ldots (2)$$
$$a = g_1 - bl - cl^2 = \frac{2g_1 - 2bl - 2cl^2}{2}.$$

Nach Einsetzung der Werte von 2 bl und 2 cl² aus 1. und 2. und Vornahme der zulässigen Abkürzungen erhalten wir:

$$a = 3g_1 - 3g_2 + g_3 \;\ldots\ldots (3)$$

Nun ist
$$v = \int_0^{3l} g_x\,dx = \int_0^{3l} (a + bx + cx^2)\,dx = 3al + \frac{9bl^2}{2} + 9cl = $$
$$= \frac{3}{4}l\,(4a + 6bl + 12cl^2)$$

$$= \frac{3}{4}l \left\{ \begin{matrix} + 12g_1 - 12g_2 + 4g_3 \\ - 15g_1 + 24g_2 - 9g_3 \\ + 6g_1 - 12g_2 + 6g_3 \end{matrix} \right\} = \frac{3}{4}l\,(3g_1 + g_3)$$

oder da $3l = h$, g_1 die Querfläche bei $1/3$ der Höhe und g_3 die obere Querfläche ist,

$$v = \frac{h}{4}(3g_{1/3} + g_0)$$

welche Formel zuerst von Hossfeld aufgestellt wurde und nach der zu Grunde liegenden Gleichung allen Rotationskörpern entspricht, deren Erzeugende durch die Beziehung $y^2 = A + Bx + Cx^2$ bestimmt ist, daher dieselbe für das Paraboloid und den geradseitigen Kegel, nicht aber für das Neiloid richtig ist. Für die Kubierung ganzer Stämme vereinfacht sich dieselbe, da hier $g_0 = 0$ ist, auf die Form $v = 3/4 g_{1/3} h$.

Um eine auch für das Neiloid giltige Formel mit nur mittleren Abmassen zu erhalten, müssen wir auf die Bedingungsgleichung $g_x = a + bx + cx^2 + dx^3$ übergehen, somit 4 Querflächen in die Rechnung einführen, es ist dann $l = 1/4 h$, $x_1 = l$, $x_2 = 2l$, $x_3 = 3l$, $x_4 = 4l$

ferner:

$$\begin{aligned} g_1 &= a + bl + cl^2 + dl^3 \\ g_2 &= a + 2bl + 4cl^2 + 8dl^3 \\ g_3 &= a + 3bl + 9cl^2 + 27dl^3 \\ g_4 &= a + 4bl + 16cl^2 + 64dl^3 \end{aligned} \quad \begin{aligned} g_2 - g_1 &= bl + 3cl^2 + 7dl^3 \\ g_3 - g_2 &= bl + 5cl^2 + 19dl^3 \\ g_4 - g_3 &= bl + 7cl^2 + 37dl^3 \end{aligned}$$

Fig. 15.

$$g_3 - 2g_2 + g_1 = 2cl^2 + 12dl^3$$
$$g_4 - 2g_3 + g_2 = 2cl^2 + 18dl^3$$
$$g_4 - 3g_3 + 3g_2 - g_1 = 6dl^3 \quad \dots\dots (1)$$

$$2cl^2 = g_3 - 2g_2 + g_1 - 12dl^3 = g_3 - 2g_2 + g_1 - 2g_4 + 6g_3 - 6g_2 + 2g_1 = 3g_1 - 8g_2 + 7g_3 - 2g_4 \quad \dots\dots (2.)$$

$$bl = g_2 - g_1 - 3cl^2 - 7dl^3$$

$$\begin{aligned} 6bl = 6g_2 - 6g_1 - 18cl^2 - 42dl^3 = &- 6g_1 + 6g_2 \\ &- 27g_1 + 72g_2 - 63g_3 + 18g_4 \\ &+ 7g_1 - 21g_2 + 21g_3 - 7g_4 \\ 6bl = &- 26g_1 + 57g_2 - 42g_3 + 11g_4 \quad \dots\dots (3) \end{aligned}$$

$$a = g_1 - bl - cl^2 - dl^3$$

$$\begin{aligned} 6a = 6g_1 - 6bl - 6cl^2 - 6dl^3 = &\ 6g_1 \\ &+ 26g_1 - 57g_2 + 42g_3 - 11g_4 \\ &- 9g_1 + 24g_2 - 21g_3 + 6g_4 \\ &+ g_1 - 3g_2 + 3g_3 - g_4 \\ 6a = &\ 24g_1 - 36g_2 + 24g_3 + 6g_4 \\ a = &\ 4g_1 - 6g_2 + 4g_3 - g_4 \quad \dots\dots (4) \end{aligned}$$

Für das Volumen erhalten wir somit:

$$v = \int_0^{4l} g_x\,dx = \int_0^{4l} (a + bx + cx^2 + dx^3)\,dx =$$

$$= 4al + 8bl^2 + \frac{64cl^3}{3} + 64dl^4 = \frac{4}{3}l\,(3a + 6bl + 16cl^2 + 48dl^3).$$ Durch Substitution der Werte für die Koeffizienten a, b, c und d aus den Gleichungen 1 bis 4 erhalten wir

$$v = 4/3 l \left\{ \begin{aligned} &+ 12g_1 - 18g_2 + 12g_3 - 3g_4 \\ &- 26g_1 + 57g_2 - 42g_3 + 11g_4 \\ &+ 24g_1 - 64g_2 + 56g_3 - 16g_4 \\ &- 8g_1 + 24g_2 - 24g_3 + 8g_4 \end{aligned} \right\} = \frac{4l}{3}(2g_1 - g_2 + 2g_3) = \frac{h}{3}[2(g_1 + g_3) - g_2]$$

oder nach analoger Bezeichnung wie früher

$$v = \frac{h}{3}[2(g_{1/4} + g_{3/4}) - g_{1/2}]$$

welche Formel von Professor O. Simony zuerst aufgestellt worden ist[10]). Dieselbe

10) Zentralbl. f. d. g. F. 1876 S. 623.

vereint mit entsprechend leichter Berechnung bei einem weiten Kreise der Anwendbarkeit, den für die Kubierung ganzer Stämme nicht unwichtigen Vorteil, nur drei mittlere Abmassen des Stammes (bei $^1/_4$, $^1/_2$ und $^3/_4$ der Höhe zu enthalten.

Die Einführung einer noch grösseren Anzahl von Querschnitten würde auch hier zu Formeln führen, welche für die Anwendung in der Praxis zu kompliziert erscheinen; soll eine grössere Zahl von Abmassen für die Kubierung ganzer Stämme verwertet werden, so ist es demnach zweckmässig, den Weg der sektionsweisen Kubierung einzuschlagen.

Professor Simony giebt in der bereits in Note 6 genannten Schrift (S. 33) für die Kubierung von Stammabschnitten aus wenigen Querflächen mit möglichst einfachen Koeffizienten als Spezialfälle des allgemeinen Ausdruckes $V = x[\lambda(g' + g'') + (1 - 2\lambda) g_{1/2}$, wobei g' und g'' die den Abszissen εx und $(1 - \varepsilon)x$ zugehörigen (also in gleicher Entfernung von den beiden Endflächen gemessenen) Querflächen sind, ausser der oben zuletzt abgeleiteten Formel $v = \frac{x}{3}[2(g_{1/4} + g_{3/4}) - g_{1/2}]$ und der bekannten Rieke'schen Formel $v = \frac{x}{6}(g_u + 4g_{1/2} + g_o)$, welche beiden sich für die Werte $\varepsilon = {}^1/_4$ und $\varepsilon = 0$ ergeben, noch für die Werte $\varepsilon = \frac{2 - \sqrt{2}}{4} = 0.1464466$ und $\varepsilon = \frac{3 - \sqrt{3}}{6} = 0.211325$ die beiden durch ihre Einfachheit ausgezeichneten Formeln $v = \frac{x}{3}(g' + g_{1/2} + g'')$ und $v = \frac{x}{2}(g' + g'')$ an. Simony will aber auch diese Formeln nicht für die Kubierung ganzer Stämme, sondern mit Rücksicht auf die verschiedenen Bildungsgesetze im unteren, mittleren und obersten Stammteil auf mehrere (mindestens 2) Sektionen angewendet wissen, so dass für die näherungsweise Kubierung des ganzen Stammes mindestens vier oder sechs Querschnittsbestimmungen erforderlich sind.

§ 4. **Formeln für die sektionsweise Kubierung von Baumstämmen.** Die Unregelmässigkeiten, welche die Baumschäfte im einzelnen in ihrer Form und in ihren Querflächen oft zeigen, sowie der Umstand, dass dieselben als Ganzes nicht unter die nach einfachen und bekannten Gesetzen begrenzten Körper zu zählen sind, macht es für sorgfältige Kubierungen ganzer Stämme oder längerer Stammstücke jedenfalls wünschenswert, hiefür mehr als 2—3 Querschnittsabmassen zu nehmen; da aber die solchen zahlreicheren Abmassen entsprechenden allgemeinen Formeln für die Anwendung in der Praxis zu kompliziert werden, so ist es zweckmässig, solche längere Schäfte in eine Anzahl von Sektionen (womöglich gleicher Länge) zerlegt zu denken und diese Sektionen nach einer ihren verschiedenen Formen möglichst gemeinsam entsprechenden Formel zu kubieren.

Entsprechend den früher entwickelten einfachen Formeln können wir für solche sektionsweise Kubierung folgende Formeln ableiten:

1. Aus der Smalian'schen Formel $v = \frac{g_0 + g_1}{2} h$. Zerlegen wir den Stamm in n Sektionen von gleicher Länge l, bezeichnen wir deren Kubikinhalte mit v_1, v_2 .... v_n und die gemessenen Querflächen, von welchen, mit Ausnahme der untersten und obersten, jede den zwei angrenzenden Sektionen gemeinsam ist, mit g_0, g_1, g_2 ... g_n so ist:

$$v_1 = \frac{g_0 + g_1}{2} l, \quad v_2 = \frac{g_1 + g_2}{2} l, \quad v_3 = \frac{g_2 + g_3}{2} l \; \ldots \; v_n = \frac{g_{n-1} + g_n}{2} l$$

$$\text{daher } v = v_1 + v_2 + \ldots v_n = \frac{l}{2}(g_0 + 2g_1 + 2g_2 + \ldots + 2g_{n-1} + g_n)$$

$$= \frac{l}{2}\left[(g_0 + g_n) + 2(g_1 + g_2 + \ldots + g_{n-1})\right]$$

$$\text{oder auch } v = l\left[\frac{g_0 + g_n}{2} + g_1 + g_2 + \ldots + g_{n-1}\right].$$

Es sind daher für diese Berechnung die unterste und oberste, sowie eine Anzahl Mittelquerflächen in gleicher Entfernung l zu messen, es ist dann die Summe der letzteren zur halben Summe der ersteren zu addieren und die Gesamtsumme mit der Sektionslänge l zu multiplizieren.

2. Aus der Huber'schen Formel $v = g_{1/2}h$ ergibt sich, wenn wir hier die Mitte der einzelnen Sektionen gemessenen Querflächen mit $\gamma_1, \gamma_2 \ldots . \gamma_n$ bezeichnen, direkt da $v_1 = \gamma_1 l$, $v_2 = \gamma_2 l \ldots v_n = \gamma_n l$ ist, $v = l(\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 \ldots \gamma_n)$.

Für diesen Fall sind demnach die Mittelquerflächen der einzelnen Sektionen zu messen und ist deren Summe einfach mit der Sektionslänge l zu multiplizieren.

3. Für die Anwendung der Riecke'schen Formel $v = \frac{l}{3}(g_0 + 4g_1 + g_2)$ sind je zwei Sektionen als ein Ganzes zu betrachten und ist daher eine gerade Anzahl von Sektionen notwendig. Es ist dann

$$v_1 = \frac{l}{3}(g_0 + 4g_1 + g_2) \qquad v_3 = \frac{l}{3}(g_4 + 4g_5 + g_6)$$

$$v_2 = \frac{l}{3}(g_2 + 4g_3 + g_2) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$v_{\frac{n}{2}} \frac{l}{3}(g_{n-2} + 4g_{n-1} + g_n),$$

$$\text{somit: } v = \frac{l}{3}\left[(g_0 + 4g_1 + 2g_2 + 4g_3 + 2g_4 + \ldots + 2g_{n-2} + 4g_{n-1} + g_n)\right]$$

$$\text{oder } v = \frac{l}{3}\left[g_0 + g_n + 4(g_1 + g_3 + \ldots + g_{n-1}) + 2(g_2 + g_4 + \ldots, + g_{n-2})\right]$$

welche Formel in der Mathematik als die Simpson'sche Regel bekannt ist. Um diese anzuwenden, sind daher dieselben Abmasse wie für den Fall 1 zu nehmen; die erhaltenen Querflächen jedoch in 3 Gruppen zu trennen, und zwar ist die Summe der untersten und obersten Querfläche einfach, die Summe der mit ungeradem Index bezeichneten Flächen vierfach und die Summe der Flächen mit geradem Index doppelt zu nehmen, endlich die Gesamtsumme mit einem Drittel der Sektionslänge l zu multiplizieren.

In gleicher Weise könnten auch aus der Hossfeld'schen oder der Simony'schen Formel Ausdrücke für die sektionsweise Kubierung abgeleitet werden, doch würden dieselben bei grösserer Umständlichkeit des Verfahrens namentlich gegen die in 3 aufgestellte Regel keinen Vorteil bieten.

Von den eben abgeleiteten Formeln entspricht die Formel 3 vollständig der von uns aufgestellten Forderung, indem sie den parabolisch ausgebauchten oder eingebauchten sowie den geradseitigen Stammstücken gemeinsam entspricht; sie ist daher unstreitig die wissenschaftlich am meisten berechtigte; die Formel 2 gewährt dagegen die leichteste und einfachste Anwendung und wird daher in der Praxis am meisten bevorzugt.

Bei nicht zu kleiner Zahl der Sektionen sind auch die damit gewonnenen Resultate mit der nach der Simpson'schen Regel sehr nahe übereinstimmend, so dass selbst für wissenschaftliche Untersuchungen von dieser einfachen Formel Gebrauch gemacht werden kann, wenn die Sektionen nicht mehr als etwa 2 Meter Länge haben, wogegen für nicht sehr genaue Kubierungen auch Sektionen von 4—5 Meter Länge gebildet werden können. Bei vollholzigen Stämmen wird dann die Differenz kaum 1 Prozent

überschreiten und selbst bei abholzigen Stämmen ergab die Vergleichung der Rechnungsresultate nach Formel 2 und 3 bei einer Sektionslänge von 2 Metern in den meisten Fällen nur eine Differenz von 1 bis 1,2 Prozent, im Maximum eine solche von 2 Prozent. Die Formel 1 dagegen gibt, schon wegen der darin enthaltenen untersten Grundfläche, bedeutend grössere Differenzen und ist auch in der Anwendung weniger bequem, daher dieselbe weniger zu empfehlen ist.

Die beiden unter 1. und 2. abgeleiteten Methoden der sektionsweisen Kubierung geben ebenso wie die ihnen zugrunde gelegten einfachen Formeln nur den Inhalt der dem Paraboloid nahe kommenden, also der ausgebauchten Stammstücke richtig an, den Inhalt der geradlinig begrenzten (kegelförmigen) und der eingebauchten Sektionen aber mit einem gewissen Fehler; es ist daher für die Anwendung dieser Formel von Interesse, die Grösse dieses Fehlers und die Umstände kennen zu lernen, von welchen diese Fehlergrösse abhängt. Es soll dies in dem folgenden Paragraph untersucht werden.

§ 5. **Berechnung des Fehlers bei Anwendung der Huber- und Smalian'schen Formel auf geradseitige und eingebauchte Kegel.**

Wir wollen zunächst den Inhalt der betreffenden Vollkegel mit dem nach der Huber'schen Formel ($v = g_{1/2}h$) sich ergebenden Kubikinhalte vergleichen und zu diesem Zwecke den Inhalt dieser Körper aus der Mittelfläche $g_{1/2}$ bestimmen.

Bekanntlich ist der Inhalt des Paraboloides $= {}^1/_2 g_u\, h$, jener des Kegels ${}^1/_3 g_u\, h$ und jener des Neiloides ${}^1/_4 g_u\, h$; für das Paraboloid ist nach seiner Grundgleichung $y^2 = px$

$$g_{1/2} : g_u = {}^1/_2 H : H = 1 : 2$$
$$\text{somit } g_u = 2g_{1/2} \text{ und } v = {}^1/_2 g_u\, h = g_{1/2} h;$$

für den Kegel ergiebt sich aus der Gleichung $y = px$

$$d_{1/2} : d_u = {}^1/_2 H : H = 1 : 2 \text{ und } g_{1/2} : g_u = 1 : 4$$
$$\text{somit } g_u = 4g_{1/2} \text{ und } v = {}^1/_3 g_u\, h = {}^4/_3\, g_{1/2} h;$$

für das Neiloid ergiebt sich aus der Gleichung $y^2 = px^3$ die Beziehung

$$g_{1/2} : g_u = ({}^1/_2 H)^3 : H^3 = 1 : 8,$$
$$\text{somit } g_u = 8g_{1/2} \text{ und } v = {}^1/_4 g_u\, h = 2g_{1/2} h.$$

Der Fehler bei der Berechnung nach der Huber'schen Formel ist demnach für den Kegel $\triangle = {}^4/_3 g_{1/2} h - g_{1/2} h = {}^1/_3 g_{1/2} h$ oder 25 Prozent, für das Neiloid ist $\triangle = 2g_{1/2} h - g_{1/2} h = g_{1/2} h$ oder 50 Prozent d. h. man erhält den Inhalt des geradseitigen Kegels um 25 Prozent und jenen des Neiloides um 50 Prozent zu klein.

Es ergiebt sich daraus die Unzulässigkeit, ganze Stämme einfach nach der Formel $g_{1/2} h$ zu kubieren, wie dies gleichwohl mehrfach empfohlen und auch häufig ausgeführt wird. Für vollholzige Stämme werden die Differenzen nicht so bedeutend sein, bei abholzigen Stämmen aber werden Fehler von 10—15 Prozent sehr häufig sein, und zwar stets zum Nachteile des Waldbesitzers, da der Inhalt immer zu klein erhalten wird.

Die Smalian'sche Formel kann für Vollkegel, da bei dieser $g_o = 0$ würde, nicht wohl in Betracht kommen; wollte man dieselbe gleichwohl anwenden, so würde man den Inhalt des Kegels um 50 Prozent, jenen des Neiloides aber um 100 Prozent zu gross erhalten.

Für den Inhalt des abgestutzten Kegels oder Neiloides ist ein direkter Vergleich mit dem aus der Huber'schen Formel sich ergebenden Inhalte nicht möglich, da der Inhalt der beiden genannten Kegelstutze aus der Mittelfläche allein nicht bestimmt werden kann; wir müssen daher für diesen Vergleich die Mittenfläche durch die beiden Endflächen, bezw. deren Durchmesser d_u und d_o ausdrücken.

Der Inhalt eines geradseitigen Kegelstutzes ist bekanntlich

$$v = \frac{h}{3}(g_u + \sqrt{g_u g_o} + g_o) = \frac{\pi h}{12}(d_u^2 + d_u d_o + d_o^2).$$

Smalians Formel gibt statt dessen

$$v' = \frac{h}{2}(g_u + g_o) = \frac{\pi h}{8}(d_u^2 + d_o^2),$$ somit ist die Differenz

$$\varDelta = v' - v = \frac{\pi h}{8}(d_u^2 + d_o^2) - \frac{\pi h}{12}(d_u^2 + d_u d_o + d_o^2)$$

$$= \frac{\pi h}{24}(d_u^2 - 2 d_u d_o + d_o^2) = \frac{1}{6} \frac{\pi h}{4}(d_u - d_o)^2. \quad .\ .\ .\ .\ (1)$$

Hubers Formel dagegen giebt, da

$$d_{1/2} = \frac{d_u + d_o}{2} \quad \text{und somit} \quad d_{1/2}^2 = \frac{d_u^2 + 2 d_u d_o + d_o^2}{4},$$

$$v'' = g_{1/2} h = \frac{\pi}{4} d_{1/2}^2 h = \frac{\pi h}{16}(d_u^2 + 2 d_u d_o + d_o^2),$$ somit die Differenz

$$\varDelta = v - v'' = \frac{\pi h}{12}(d_u^2 + d_u d_o + d_o^2) - \frac{\pi h}{16}(d_u^2 + d_u d_o + d_o^2)$$

$$= \frac{\pi h}{48}(d_u^2 - 2 d_u d_o + d_o^2) = \frac{1}{12} \frac{\pi h}{4}(d_u - d_o)^2. \quad .\ .\ .\ .\ (2)$$

Der wirkliche Inhalt des abgestutzten Neiloides ist

$$v = \frac{h}{4}(g_u + \sqrt[3]{g_u^2 g_o} + \sqrt[3]{g_u g_o^2} + g_o) = \frac{\pi h}{16}(d_u^2 + \sqrt[3]{d_u^4 d_o^2} + \sqrt[3]{d_u^2 d_o^4} + d_o^2);$$

dagegen giebt die Smalian'sche Formel den Inhalt

$$v' = \frac{h}{2}(g_u + g_o) = \frac{\pi h}{8}(d_u^2 + d_o^2),$$ somit ist die Differenz

$$\varDelta = v' - v = \frac{\pi h}{8}(d_u^2 + d_o^2) - \frac{\pi h}{16}(d_u^2 + \sqrt[3]{d_u^4 d_o^2} + \sqrt[3]{d_u^2 d_o^4} + d_o^2)$$

$$= \frac{\pi h}{16}(d_u^2 - \sqrt[3]{d_u^4 d_o^2} - \sqrt[3]{d_u^2 d_u^4} + d_o^2) = \frac{h}{4}(g_u - \sqrt[3]{g_u^2 g_o} - \sqrt[3]{g_u g_o^2} + g_o) \quad .\ .\ .\ .\ (3)$$

die Huber'sche Formel aber giebt den Inhalt, da

$$g_{1/2}{}^{1/3} = \frac{g_u{}^{1/3} + g_o{}^{1/3}}{2}, \text{ somit } d_{1/2}^2 = \frac{(d_u^2 + 3\sqrt[3]{d_u^4 d_o^2} + 3\sqrt[3]{d_u^2 d_o^4} + d_o^2)}{8} \text{ ist,}$$

$$v'' = g_{1/2} h = \frac{\pi h}{4} d_{1/2}^2 = \frac{\pi h}{32}(d_u^2 + 3\sqrt[3]{d_u^4 d_o^2} + 3\sqrt[3]{d_u^2 d_o^4} + d_o^2),$$ somit die Differenz

$$\varDelta = v - v'' = \frac{\pi h}{32}(d_u^2 - \sqrt[3]{d_u^4 d_o^2} - \sqrt[3]{d_u^2 d_o^4} + d_o^2)$$

$$= \frac{h}{8}(g_u - \sqrt[3]{g_u^2 g_o} - \sqrt[3]{g_u g_o^2} + g_o). \quad .\ .\ .\ .\ (4)$$

Es ergiebt sich hieraus:

1. Dass die Huber'sche Formel den Inhalt geradseitiger oder eingebauchter Schaftstücke stets zu klein, die Smalian'sche aber stets zu gross angiebt und zwar ist der Fehler bei letzterer Formel stets doppelt so gross als bei ersterer.

2. Die Grösse des Fehlers beträgt bei der Kubierung eines Kegelstutzes nach der Smalian'schen Formel $^1/_6$ einer Walze, welche die Endstärkendifferenz $(d_u - d_o)$ zum Durchmesser und die gleiche Länge (h) des gemessenen Stückes hat, bei der Huber'schen Formel dagegen nur $^1/_{12}$ dieser Endstärkendifferenz-Walze.

Bei dem Neiloidstutze ist der Fehler der Berechnung nach der Smalian'schen Formel annähernd $^1/_4$, und für die Berechnung nach der Huber'schen Formel annähernd $^1/_8$ dieser Endstärkendifferenz-Walze [11]).

3. Die Grösse des Fehlers ist demnach in allen Fällen abhängig von dem Unterschiede des oberen und unteren Durchmessers und dieselbe wächst im Sinne des Quadrates dieser Endstärkendifferenz. Es können daher bei vollholzigen und langschäftigen Stämmen mit geringer Durchmesserabnahme die Sektionen länger genommen werden, während bei abholzigen und kurzschäftigen Stämmen kurze Sektionen genommen werden müssen.

4. Die Kubierung aus den Mittenflächen ist im allgemeinen jener aus den Endflächen vorzuziehen, einmal des geringeren Fehlers wegen, dann aber auch, weil nach der üblichen Art der Messung in der Regel die Querflächen etwas zu gross erhalten werden, welcher Fehler durch das kleinere Resultat der Kubierung nach $g_{1/2} \cdot h$ zum Teile kompensiert wird, während im anderen Falle beide Fehler in gleichem Sinne wirken.

B. Massenermittlung für aufgearbeitete Hölzer.

§ 6. Kubierung von Bau- und Schnitthölzern.

Alle stärkeren Rundholzstücke werden, auch wenn selbe bereits zu grösseren Stössen aufgeschichtet sind, stets einzeln für sich und direkt nach dem Festmasse kubiert. Für Schnitthölzer (Klötze, Sägebloche), welche gewöhnlich eine Länge von 4—6 Meter haben, und für kürzere Bauhölzer empfiehlt sich aus den eben entwickelten Gründen wieder die Kubierung aus der Mittenstärke (nach $v = g_{1/2}h$) am meisten, da dieselbe bei einfachster Anwendung (besonders bei Benützung entsprechender Walzentafeln) die besten Resultate giebt. Diese einfache Kubierungs-Methode ist um so mehr gerechtfertigt, als die ausgebauchte Form bei solchen Stammstücken überwiegend ist. Wenn die zu messenden Stücke bereits zu grösseren Stössen aufgestappelt sind, ist die Kubierung aus den Endflächen (nach $v = \frac{g_u + g_o}{2} h$) zu wählen, da hier die Mittenstärken nicht ohne grössere Umständlichkeit gemessen werden könnten.

Die früher vielfach übliche Berechnung solcher Stücke als Kegel ist, selbst bei Benutzung von dementsprechenden Tafeln, wesentlich umständlicher und giebt die Inhalte meist beträchtlich zu nieder an; ebenso ist die bei den Holzhändlern beliebte Rechnung nach dem sogenannten „geglichenen“ Durchmesser (mit $\frac{d_u + d_o}{2}$ als Durchmesser der Mittenquerfläche) zu verwerfen. Bei geradseitigen Stücken ist zwar der Inhalt der gleiche wie aus der wirklich gemessenen Mittenstärke (hier $\frac{d_u - d_o}{2} = d_{1/2}$), bei allen ausgebauchten Stücken aber erhält man den Inhalt beträchtlich zu klein und kann dieses Minus bei längeren Stücken mit grösserer Differenz des oberen und unteren Durchmessers leicht 10—15 und auch mehr Prozente betragen.

Wir teilen hier einige Kubierungen von kürzeren und längeren Rundholzstücken aus der Mittenstärke mit, um daran zu zeigen, dass die Differenzen gegen den genau berechneten Inhalt sowohl in absoluter Grösse als auch dem Prozentsatze nach selbst bei kegelförmigen oder etwas eingebauchten Stücken meist sehr geringe sind.

1. Ein Sägebloch aus der Stammmitte von den Dimensionen: $l = 4$ m, $d_u = 36$ cm, $d_o = 33$ cm, $d_{1/2} = 34{,}5$ cm.

---

11) Es ist zu bemerken, dass das unterste Schaftstück (am Wurzelstocke) meist eine mehr eingebauchte Form zeigt, als das Neiloid, daher die Fehler speziell für dieses Stück oft einen noch grösseren Betrag als den obigen erlangen.

Inhalt nach $g_{1/2}h = 0.3739$ fm.
wirklicher Inhalt $= 0.3742$ „ } $\Delta = 0.003 = 0.08\,\%$.

2. Ein eben solches mit $l = 4$m, $d_u = 30.0$ cm, $d_o = 26^1/_2$ cm, $d_{1/2} = 28^1/_2$ cm.
Inhalt nach $g_{1/2}h = 0.255$ fm.
wirklicher Inhalt $= 0.254$ „ } $\Delta = 0.001 = 0.4\,\%$

Die Rechnung nach der Mittenstärke giebt hier einen um 0.001 fm.³ zu grosser Inhalt, weil die Ausbauchung des Stückes etwas stärker ist als die eines Paraboloidstutzes.

3. Ein Sägebloch vom unteren Stammende mit $l = 6$ m, $d_u = 50$ cm, $d_o = 40$ cm. $d_{1/2} = 44$ cm.
Inhalt nach $g_{1/2}h = 0.9123$ fm.
wirklicher Inhalt $= 0.9302$ „ } $\Delta = 0.0179 = 2\,\%$

4. Ein Bauholz mit $l = 10$ m, $d_u = 30$ cm, $d_o = 20$ cm, $d_{1/2} = 25.5$ cm.
Inhalt nach $g_{1/2}h = 0.5107$ fm.
wirklicher Inhalt $= 0.5106$ „ } $\Delta = 0.0001 = 0.02\,\%$

5. Ein Bauholz mit $l = 20$ m, $d_u = 43$ cm, $d_o = 29$ cm, $d_{1/2} = 37$ cm.
Inhalt nach $g_{1/2}h = 2.150$ fm.
wirklicher Inhalt $= 2.138$ „ } $0.012 = 0.6\,\%$.

Längere Bauhölzer (von mehr als 8—10 m Länge) sollen übrigens stets in 2—3 Sektionen zerlegt und diese nach den Mittenstärken kubiert werden.

Für die Kubierung von Langnutzhölzern (entwipfelter Stämme und längeren Stammabschnitten) hat Forstrat Schiffel allgemeine Kubierungstafeln auf Grund der von ihm aufgestellten Formel $v = l\left(0.61\,g_{1/4} + 0.62\,g_{3/4} - 0.23\,g_{1/4}\,\frac{d_{3/4}}{d_{1/4}}\right)$ berechnet und herausgegeben[12]), aus welchen Tafeln der Kubikinhalt solcher Rundhölzer nach Messung zweier Durchmesser (bei $^1/_4$ und $^3/_4$ der Länge) und deren Länge mit hinreichender mittlerer Genauigkeit entnommen werden kann. Die obige Formel kann übrigens mit geringer Aenderung der Koeffizienten aus der Formel Simony's $v = \frac{l}{3}\left[2\left(g_{1/4} + g_{3/4}\right) - g_{1/2}\right]$ abgeleitet werden.

Speziell für Sägebloche ist bei der Bemessung für den Verkauf vielfach die Messung nur nach dem oberen Durchmesser (nach den Oberstärken) üblich, welcher Gebrauch in dem Umstande seine Begründung findet, dass für das Ausbringen von Schnittmaterial hauptsächlich diese Oberstärke massgebend ist. Die Inhaltsbestimmung kann in diesem Falle, da d_o allein für keine der bekannten Stammformen zur Berechnung genügt, nicht nach einer Formel, sondern nur nach besonderen Tafeln erfolgen, welche den erfahrungsmässigen durchschnittlichen Inhalt solcher Klötze von bestimmter Länge und Oberstärke, nach dem oberen Durchmesser geordnet, angeben.

Um eine solche Tafel aufzustellen, hätte man eine möglichst grosse Anzahl von Blochen bestimmter Länge und verschiedener Stärke genau zu kubieren und zugleich deren Oberstärke zu notieren, dann aus allen Inhalten von Blochen gleicher Oberstärke den Durchschnittswert zu berechnen. Die so erhaltenen Mittelgrössen des Inhaltes für alle in der Untersuchung vertretenen Stärkestufen werden zunächst keine vollkommen gesetzmässige Reihe bilden, da die Inhalte selbst bei gleicher Oberstärke schwankend sind und auch die Zahl der Erhebungen für die einzelnen Stärkestufen eine verschiedene sein wird; es muss daher die Reihe dieser Durchschnittswerte entsprechend aus-

---

12) A. Schiffel, „Die Kubierung von Rundholz aus zwei Durchmessern und der Länge", Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs, XXVII. Heft, Wien 1902. Schiffel giebt in dieser Schrift auch einen Nachweis der Fehler, welche sich bei Kubierung ganzer Stämme oder längerer Stammabschnitte aus der Mittenstärke ergeben. Ueber diese in der Praxis noch vielfach beliebte Kubierung des Rundholzes aus der Mittenstärke vergl. auch die Abhandlungen von Holl, Wiehl u. a. in der „Oesterr. Vierteljahresschrift für Forstwesen" 1890 Seite 272 und 348, 1898 Seite 148, 1899 Seite 24, 203, 319 und 329.

geglichen und eventuell auch für einzelne in den Erhebungen nicht vertretene Stärkestufen interpoliert werden. Dies erfolgt am besten auf graphischem Wege, indem man nach einem beliebigen Massstabe die Oberstärken als Abszissen, die zugehörigen Mittelgrössen des Inhaltes als Ordinaten aufträgt, und dann durch die Endpunkte der letzteren eine diesen möglichst sich anschliessende aber gesetzmässig verlaufende Kurve hindurchzieht. Dabei sind jene Punkte, beziehungsweise Durchschnittswerte, welche einer grösseren Zahl von Erhebungen entsprechen, vorwiegend zu berücksichtigen und sind zu diesem Zwecke schon in der Zeichnung als solche besonders hervorzuheben.

Aus sehr umfangreichen Erhebungen wurden solche Tafeln von Professor Kunze in Tharand berechnet, welche in Presslers „Forstlichem Hilfsbuch" enthalten sind; auch Burckhardts forstliche Hilfstafeln, dann die meisten Forstkalender enthalten solche Tafeln; — für Oesterreich wurden solche im Zbl. f. d. g. F. 1877 Seite 444 durch v. Salvadori mitgeteilt.

Bei Anwendung solcher Tafeln wird man nur für eine grössere Zahl von abzumessenden Stücken annähernd richtige Masseninhalte erhalten, und auch dann nur unter der Voraussetzung, dass die Verhältnisse, welche die Ausbildung der Stammform bedingen, analoge sind mit jenen, für welche die Tafeln aufgestellt wurden; für einzelne oder wenige Stücke und bei Anwendung solcher Tafeln unter anderen Formverhältnissen der Stämme können sich sehr beträchtliche Differenzen ergeben.

Stangen, d. h. unentwipfelte schwache Stämmchen (Durchforstungshölzer etc.) werden selten einzeln auf ihren Kubikinhalt bestimmt, sondern meist nach gleichen Längen und Unterstärken zusammengelegt und dann partienweise nach diesen beiden Dimensionen ebenfalls nach Erfahrungstafeln, welche den Inhalt meist für je 100 Stück angeben, kubiert. Solche Tafeln, deren Aufstellung in gleicher Weise wie jene für Klötze nach Oberstärke erfolgt, wurden gleichfalls von Kunze für die sächsische Staatsforstverwaltung berechnet und sind in den meisten forstlichen Hilfstafelwerken enthalten.

Der Inhalt scharfkantig bearbeiteter (bezimmerter oder geschnittener) Bauhölzer ist aus den Dimensionen der Länge, Breite und Dicke (bez. Höhe) nach $v = b \cdot d \cdot l$ zu berechnen, welche Berechnung durch entsprechende Tafeln (z. B. Presslers Hilfsbuch, Tafel 9) wesentlich vereinfacht wird.

§ 7. Kubierung des Ast-, Reisig- und Stockholzes.

Die direkte Bestimmung des soliden Kubikinhaltes von Ast-, Reisig- oder Stockholz kann entweder gleichfalls auf stereometrischem oder auf physikalischem Wege, und zwar in letzterem Falle entweder durch Aichung oder nach dem Gewichte erfolgen.

Für das stärkere Astholz, mit Ausnahme einzelner sehr krummer oder unregelmässiger Stücke, ist ähnlich wie beim Stammholze eine sektionsweise Kubierung aus dem mittleren Durchmesser (oder Umfange) und der Länge am zweckmässigsten, und zwar empfiehlt es sich hier, die Aeste gleich auf 1 Meter lange Stücke aufarbeiten und in Partien von annähernd gleicher Stärke zusammenlegen zu lassen. Für weniger genaue Kubierungen würde es genügen, die Stücke jeder Partie zu zählen und deren mittleren Durchmesser an mehreren Probestücken zu messen. Der Kubikinhalt jeder Partie kann dann direkt aus einer Tafel für vielfache Kreisflächen entnommen werden. Für genauere Kubierungen ist jedoch von jedem Stücke der mittlere Durchmesser abzunehmen. Da es sich dabei meist nicht um den Inhalt eines einzelnen Stückes, sondern um den Gesamtinhalt der vorliegenden Astmasse handelt, so ist es zulässig, die Durchmesser etwa auf halbe Zentimeter abzustufen und alle in die gleiche Stufe fallenden Stücke gleich bei der Messung etwa in der folgenden Art zusammenzuschreiben:

Durchmesser	Abzählung	Stückzahl	Inhalt fm.³
cm 2	$\overline{\text{IIII}}$ $\overline{\text{IIII}}$ $\overline{\text{IIII}}$ $\overline{\text{IIII}}$ $\overline{\text{IIII}}$	25	0.008
„ $2^1/_2$	$\overline{\text{IIII}}$ $\overline{\text{IIII}}$ $\overline{\text{IIII}}$ $\overline{\text{IIII}}$ $\overline{\text{IIII}}$ III	28	0.015
„ 3	$\overline{\text{IIII}}$ $\overline{\text{IIII}}$ $\overline{\text{IIII}}$ $\overline{\text{IIII}}$ II	22	0.016
„ $3^1/_2$	$\overline{\text{IIII}}$ $\overline{\text{IIII}}$ $\overline{\text{IIII}}$ IIII	19	0.019
„ 4	$\overline{\text{IIII}}$ $\overline{\text{IIII}}$ II	12	0.015
„ $4^1/_2$	. . . .	—	—
„ 5	$\overline{\text{IIII}}$	5	0.010
		Gesamtinhalt:	0.083 fm.³

Jedes Stück wird in der entsprechenden Stärkestufe mit einem Striche bezeichnet und jeder fünfte Strich der leichteren Abzählung wegen quer über die vorhergehenden gesetzt. Die Inhalte können wieder einer Tafel der vielfachen Kreisflächen direkt entnommen werden. Auf diese Weise können selbst grössere Astmengen mit verhältnismässig wenig Umständen und Zeitaufwand genau aufgenommen werden.

Für das schwächere Reisigholz sowie für das sehr unregelmässig gestaltete Stock- und Wurzelholz ist die stereometrische Methode der Kubierung nicht mehr anwendbar und wird daher deren Volumen entweder durch Eichung oder nach dem Gewichte bestimmt.

Die Eichung erfolgt durch Eintauchen der betreffenden Stücke unter Wasser und Messung der durch sie verdrängten Wassermenge; sie beruht auf dem Satze, dass jeder Körper, in Wasser eingetaucht, soviel Wasser verdrängt, als sein Volumen beträgt. Vorübergehend kann hiezu ein beliebiges parallel-epipedisches Gefäss aus Brettern von bestimmter Länge (l) und Breite (b) und beliebiger Höhe dienen, vorausgesetzt, dass dasselbe wasserdicht gemacht ist. Dieses wird zuerst bis etwa zur Hälfte mit Wasser gefüllt, dann das Reisigholz (in Wellen) oder die Wurzelstöcke etc. partienweise eingelegt, und, um es vollständig unter Wasser zu tauchen, mit Steinen beschwert. Misst man nun die Höhe des Wasserstandes vor dem Einlegen des Holzes, aber einschliesslich der zum Beschweren bestimmten Steine oder Gewichte ($= h$), und ebenso jene nach dem Eintauchen desselben ($= h'$), so ergiebt sich der gesuchte Kubikinhalt aus $v = b \cdot l\ (h' - h)$.

Sollen solche Messungen wiederholt und in grösserem Umfange ausgeführt werden, so bedient man sich dazu besonderer Eichgefässe oder Xylometer. Es sind dies meist zylindrische Gefässe aus Zinkblech von etwa $1^1/_2$ Meter Höhe und 0.5—0.6 Meter Durchmesser, in welche die Holzstücke oder Reisigwellen eingetaucht werden. Entweder hat ein solches Gefäss nahe dem oberen Rande eine einfache Ausflussöffnung, in welchem Falle dasselbe bis zum Abfliessen mit Wasser gefüllt, dann das zu messende Holz eingelegt und das hiebei abfliessende Wasser auf seine Menge (nach Liter) gemessen wird, oder dasselbe wird aussen mit einem kommunizierenden Glasrohre versehen, welches mittelst eines Kniestückes aus Metall in den unteren Teil des Gefässes eingelassen ist, und bis zum oberen Rande des Gefässes reicht. Wird nun der unterste Punkt der Glasröhre mit 0 bezeichnet und das Gefäss bis zu diesem Punkte mit Wasser gefüllt, so kann durch weiteres Zugiessen von je 1 Liter Wasser und Markierung des betreffenden Wasserstandes auf der Glasröhre der jeweilige Inhalt des Gefässes oberhalb des Nullpunktes in 0.001 Festmeter abgelesen werden. Für den Gebrauch wird das Gefäss horizontal aufgestellt, zum Teil mit Wasser gefüllt und die Höhe des Wasserstandes vor und nach dem Eintauchen des zu messenden Holzes an der Teilung der Glasröhre abgelesen. Die Differenz der beiden Ablesungen gibt direkt den Inhalt in $^1/_{1000}$ Festmeter und schätzungsweise auch die Zehntel dieser Teilgrösse. In beiden Fällen wird noch über dem Boden des Gefässes ein verschliessbares Abflussrohr zum

Entleeren desselben angebracht. Es gilt als Regel, stets so viel Holz als möglich auf einmal zu messen, um die Mehrung der Fehler zu vermeiden, ferner das Holz möglichst in frischem Zustande zu messen, da das trockene Holz Wasser aufsaugt und dadurch das Volumen kleiner erscheinen würde [12]).

Für die Kubierung grösserer Mengen von Reisig oder Stockholz u. dgl. ist die Eichung zu umständlich und zeitraubend, daher man es in diesem Falle vorzieht, die Gesamtmenge zu wägen und nur für einen kleinen Teil derselben das Verhältnis zwischen Volumen und Gewicht durch Eichung zu bestimmen. Man benützt somit hier den Satz der Physik, dass sich die Volumina von Körpern gleichen spezifischen Gewichtes ebenso verhalten wie ihre Gewichte. Bei verschiedenartigem Materiale ist daher dasselbe zunächst in Partien von unter sich gleichem spezifischem Gewichte (gröberes Stockholz, starkes und schwaches Wurzelholz, stärkeres Ast- und schwaches Reisigholz etc.) zu teilen; für jede Partie wird ein Teil vorher genau gewogen und dann geaicht, wodurch man die Gewichte g_1, g_2 etc. und die Volumina v_1, v_2 etc. derselben erhält, dann werden die ganzen Partien gewogen und deren Kubikinhalt nach der Gleichung $V_1 = v_1 \frac{G_1}{g_1}$, $V_2 = v_2 \frac{G_2}{g_2}$ etc. berechnet. Zum Wägen bedient man sich am besten einer kleinen Brückenwage oder auch einer Federwage.

Die Bestimmung des Kubikinhaltes bloss aus dem Gewichte mit Zuhilfenahme des aus Tafeln entnommenen spezifischen Gewichtes des Holzes ist nicht zulässig, weil das spezifische Gewicht selbst für dieselbe Holzart je nach dem Standorte, dem Grade der Trockenheit etc. sehr verschieden ist; dagegen kann an Stelle des Eichens zur Bestimmung des Volumens auch der bekannte Satz benützt werden, dass ein in Wasser getauchter Körper soviel an Gewicht verliert, als das Gewicht des durch ihn verdrängten Wassers beträgt, doch ist auch dieses hydrostatische Verfahren ziemlich umständlich.

§ 8. Massenermittlung nach Raummass und dessen Umrechnung in Festmass. Alle kleineren Sortimente und unregelmässigen Stücke werden für den Verkauf und für sonstige Zwecke der Wirtschaft nicht direkt nach Festkubikmetern berechnet, sondern aufgearbeitet in bestimmte Raummasse (Schichtmasse) gestellt und nach diesen gemessen. Die Brenn- und Nutzholzscheite sowie die stärkeren Prügel- oder Knüppelhölzer, dann Stock- und Wurzelholz werden zumeist in Raummeter eingesetzt, das schwächere Reisigholz aber in Wellen von bestimmter Länge und Stärke gebunden.

Der Rauminhalt solcher Schichtmasse ergiebt sich aus der Länge des Stosses $\times$ Höhe desselben $\times$ Länge der Scheite oder Prügel etc.; doch ist bei Stössen, welche in geneigter Lehne aufgestellt sind, die Länge derselben nicht nach der geneigten Linie, sondern horizontal und die Höhe vertikal nach der ausgeglichenen Höhe der obersten Schichtlage zu messen.

Für die Zwecke des Verkaufes und Holzmarktes genügt diese Bemessung nach dem Raummasse, weil dieses hier die übliche Verkaufseinheit bildet; für die Bestimmung des abgegebenen Massenquantums aber müssen diese Raummasse auf ihren soliden Holzmassengehalt reduziert, beziehungsweise in Festmeter umgerechnet werden. Diese Umrechnung erfolgt mit Hilfe von Erfahrungszahlen über das durchschnittliche Verhältnis des Festgehaltes zum Raummasse bei verschiedenen Sortimenten, und es müssen also für diesen Zweck die Massengehalte einer grossen Anzahl von Schichtmassen

12) Ausführlicheres über Eichung und Eichgefässe siehe in Baur's Holzmesskunde Seite 92 u. ff., dann in dessen „Untersuchungen über den Festgehalt und das Gewicht des Schichtholzes und der Rinde“, Augsburg 1879.

genau erhoben und hieraus wieder die Durchschnittszahlen gebildet werden. Die Erhebung des Massengehaltes erfolgt für die Scheithölzer und stärkeren Knüppelhölzer wieder am besten nach der stereometrischen Methode, d. h. aus der Mittenstärke der einzelnen Stücke (bei Scheitholz vor dem Aufspalten der einzelnen Stammabschnitte), für die übrigen Sortimente durch Eichung oder Wägen. In ausgedehnterem Masse sind Untersuchungen hierüber von den deutschen und österreichischen Versuchsanstalten gemacht und deren Resultate veröffentlicht worden [13]).

Soweit es überhaupt möglich ist, hiefür allgemeine Durchschnittszahlen zu geben, mögen solche hier Raum finden; dieselben geben das Verhältnis des Festmasses zum Raummasse in Prozenten des letzteren und zwar für gute Schichtung und ohne Uebermaass:

Nutzscheite	75—80 %
Brenn-Scheitholz .	60—75 %
Prügel- oder Knüppelholz	50—65 %
Reisig	30—45 %
Stockholz	30—40 %.

Auf den soliden Inhalt der Raummasse hat eine Reihe von Faktoren Einfluss, deren Kenntnis und Beachtung bei der Anwendung solcher aus allgemeinen Untersuchungen hervorgegangenen Zahlen unerlässlich ist; es sind dies:

a. Die Länge der Holzstücke; je länger die Stücke sind, desto mehr kommen Krümmungen und Unregelmässigkeiten zur Geltung, daher bei solchen der Massengehalt eines Raummeters kleiner ist, als bei kurzen Stücken.

b. Die Stärke der Stücke; stärkere Stücke geben mehr soliden Inhalt als schwache, daher unaufgespaltenes Holz mehr als aufgespaltenes, starkes Prügelholz mehr als schwaches Scheitholz etc. Es sind daher bestimmte Vorschriften über die zulässige Stärke der gespaltenen und der Rundholzstücke erforderlich.

c. Die mehr oder weniger regelmässige Gestalt der Stücke; geradschäftige, astfreie Stücke legen sich am dichtesten aneinander, daher die glatten Nutzscheite den grössten, — astige, verbogene Stücke, Stockholz etc. den geringsten Massengehalt, die Nadelhölzer im allgemeinen mehr als die Laubhölzer, Reisig von Fichten oder Tannen mehr als solches von Kiefern und Eichen etc. aufweisen. Bei der Schichtung ist deshalb auf Entfernung aller besonderen Unebenheiten und auf glatten Abhieb der Aeste am Schafte zu sehen.

d. Die Art der Schichtung. Die mehr oder weniger sorgfältige Einschichtung vermag beträchtliche Unterschiede des Massengehaltes hervorzurufen; Kreuzstösse haben geringeren Gehalt als die gewöhnliche Zainung; einzeln abgesteckte Raummeter weniger als grosse und insbesondere hochaufgestellte Holzzaine. Die Anwendung der bei den Untersuchungen gewonnenen Mittelwerte setzt voraus, dass die Schichtung der Versuchsmasse gerade so stattgefunden hat, wie sie im gewöhnlichen Wirtschaftsbetriebe stattfindet.

Das vielfach bei der Aufschichtung des Brennholzes noch übliche Uebermass muss bei der Berechnung des Raummasses in Ansatz gebracht oder der berechnete Massengehalt um den Prozentsatz des Uebermasses erhöht werden.

§ 9. Berechnung der Rindenmasse. Von manchen Holzarten gelangt die Rinde zuweilen für sich besonders zur Abgabe, so die Rinde der Tannen-Nutzhölzer als Brennmaterial, jene der Fichte und Eiche als Gerbe- oder Lohrinde, und sind daher diese Rindenmassen sowohl nach den üblichen Verkaufsmassen

13) Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs von Dr. A. v. Seckendorff, I. Heft, Wien 1877; und Baur's bereits vorher zitierte „Untersuchungen über den Festgehalt etc.“ Augsburg 1879.

als auch auf ihren Festgehalt zu bestimmen. Die Abgabe der Tannen- und Fichtenrinde erfolgt zumeist in Raummetern, für letztere mitunter auch in Wellen oder nach dem Gewichte, jene der Eichenlohrinde meist nach dem Gewichte. Die Umrechnung der Raummasse oder der Gewichtsmengen in Festmeter solider Rindenmasse erfolgt wieder nach Erfahrungszahlen, wie solche in den meisten forstlichen Hilfstafeln enthalten sind.

Die Bestimmung des soliden Massengehaltes bestimmter Raummasse oder Gewichtsmengen von Rinde erfolgt, da die stereometrische Messung bei der meist geringen und dabei stark wechselnden Rindendicke unsicher ist, am besten durch Eichung der abgelösten Rinde (bei grösseren Mengen auch durch Wägen und nur teilweise Eichung derselben).

Nach den Untersuchungen der deutschen Versuchsanstalten (bearbeitet von Prof. Baur) ergeben sich für die Umrechnung von Raummass oder Gewicht der Rinde in Festmass durchschnittlich folgende Zahlen:

1 Raummeter Fichten- oder Tannenrinde	= 0.3 — 0.4 fm.
1 „ Eichenrinde	= 0.4 fm.
100 kg Tannen- oder Fichtenrinde	= 0.12—0.13 fm.
100 „ Eichen-Altrinde	= 0.13—0.14 fm.
100 „ Eichen-Jungrinde	= 0.11—0.12 fm.

Für die Beurteilung des Rindenertrages aus einer gegebenen Bestandesmasse oder auch des Verlustes an Rinde, wo diese gar nicht zur Verwertung gelangt, ist es von Wichtigkeit, den Prozentanteil zu kennen, welchen die Rinde bei verschiedenen Holzarten von der Gesamtmasse beträgt. Dieser Anteil der Rinde an der Gesamtmasse der Stämme oder Bestände schwankt bei den verschiedenen Holzarten etwa zwischen 6 und 15 Prozent, ist jedoch auch für dieselbe Holzart je nach Standort, Lichtstellung und Alter etwas verschieden; es wären übrigens hierüber eingehendere Untersuchungen, als solche bis jetzt vorliegen, erwünscht.

Nach meinen eigenen Erhebungen an zahlreichen Stämmen beträgt die Rinde in haubaren Fichtenbeständen bester Bonität 7—8 Prozent, in solchen geringer Bonität (Hochlage und mehr freiem Stand) 10—12 Prozent des gesamten Stamminhaltes; bei der Buche ergaben sich durchschnittlich 6 Prozent, bei der Tanne 14 Prozent, bei der Kiefer 10 bis 12 Prozent Rindenmasse. Diese Zahlen gelten jedoch nur für ganze Stämme haubarer Bestände, wogegen das Rindenprozent in jüngeren Beständen oder für einzelne Stammteile je nach der Holzart verschieden sein wird.

C. Messung der Längen und Grundflächen (Durchmesser oder Umfänge); Instrumente und Hilfsmittel hiezu.

§ 10. **Die Längenmessung.** Für alle von uns angeführten Methoden stereometrischer Kubierung ist stets die Messung der Länge, dann einer oder mehrerer Querflächen des betreffenden Stückes erforderlich, und zwar wäre die Länge im Sinne unserer Ableitungen stets als die Länge der Mittelaxe ab, beziehungsweise in der mit dieser parallelen Richtung cd_1 zu messen. Bei der geringen Durchmesserabnahme im Verhältnis zur Länge der Baumstämme ist jedoch der Fehler bei direkter Messung nach der Aussenseite des Stammes, also der Linie cd statt cd_1, ein verschwindend kleiner, daher die Längen selbst für ganze Stämme einfach nach der äusseren Stammkurve gemessen werden können; nur bei sehr starker Neigung und eventuell auch Krümmung der Aussengrenze des Stammes gegen die Mittelaxe (am

Fig. 16.

Wurzelstocke) wäre auf die Messung der Länge parallel zur letzteren zu achten.

Die Messung der Längen erfolgt mittelst Messlatten oder Messbändern. Erstere sind Holzstäbe von 2 bis 5 Meter Länge, mit rechteckigem Querschnitte, an den Enden mit Eisen oder Messing beschlagen und mit einer Teilung in Meter und Dezimeter versehen; für die Messung längerer Stammstücke (oder Holzzaine u. dgl.) werden am besten zwei Stäbe zugleich verwendet, von welchen an der Aussenseite des Stammes stets wieder der folgende an den vorhergehenden knapp angestossen wird. Als Messbänder sind die englischen Leinenmessbänder mit Einlagen von Messingdrähten am meisten zu empfehlen, da dieselben dauerhafter und auch bei nasser Witterung weniger veränderlich sind, als die einfachen Leinenbänder; sie sind meist 20 Meter lang, in Dezimeter oder auch Zentimeter geteilt, wobei die einzelnen Meter deutlich hervortreten sollen; für die Messung der in Raummass gestellten Hölzer und kürzerer Rundholzstücke sind die Messlatten vorzuziehen; für die Abmass längerer Stammstücke oder auch ganzer Stämme (sektionsweise Kubierung) sind jedoch auch die Messbänder mit Vorteil zu verwenden; man spannt im letzteren Falle das ganze Messband an der Oberseite des Stammes straff aus und misst an den betreffenden Stellen (für 2metrige Sektionen bei 1, 3, 5, 7 etc. m) die Durchmesser der Querflächen. Ganz kurze Stücke werden mit einem gewöhnlichen zusammenlegbaren Meterstabe gemessen. Die Verwendung von Messketten ist weder für die Längen- noch für die Durchmesser- oder Umfangmessung zu empfehlen.

§ 11. Messung der Querflächen (Durchmesser oder Umfänge). Die direkte Messung der für die Kubierung in Rechnung zu nehmenden Querflächen als solche kann nur in seltenen Fällen in Frage kommen; wir ersetzen dieselbe daher in der Regel durch die einfachere und an jeder Stelle ausführbare Messung von Durchmessern oder des Umfanges, woraus dann bei kreisförmigen Querschnitten die Fläche nach den bekannten Beziehungen:

$$g = \frac{\pi}{4} d^2 \text{ oder } g = \frac{u^2}{4\pi}$$

zu berechnen, beziehungsweise aus nach diesen Formeln berechneten Tafeln zu entnehmen ist.

Wir haben aber schon in § 1 hervorgehoben, dass die Querflächen der Baumstämme zwar im allgemeinen annähernd kreisförmig, im einzelnen aber doch vielfach von der Kreisform mehr oder weniger abweichend, im untersten Stammteile sogar oft sehr unregelmässig gestaltet sind. Selbst scheinbar regelmässig gestaltete Baumschäfte haben häufig nicht kreisrunde sondern elliptische oder eiförmige Querschnittsflächen und in Beständen, welche starken Luftströmungen ausgesetzt sind, ist das Vorkommen solcher Querflächen mit ungleichen Durchmessern sogar die Regel. Diese Unregelmässigkeiten oder Abweichungen von der Kreisform üben hier einen viel grösseren Einfluss auf das Verhältnis eines beliebig gemessenen Durchmessers oder des Umfanges zur betreffenden wirklichen Querfläche, als dies bei der Längenmessung bezüglich der Abweichung von der Stammaxe der Fall ist, und müssen selbe daher bei der Messung berücksichtigt werden; die Praxis ist dabei, schon der bequemen Anwendung der Kreistafeln wegen, bestrebt, jenen mittleren Durchmesser zu finden, dessen Kreisfläche der wirklichen Querfläche nahezu gleichkommt.

Für elliptische Querflächen wäre der Flächeninhalt bekanntlich nach $g = \frac{\pi}{4} Dd$ zu berechnen, also das geometrische Mittel des grössten und kleinsten Durchmessers als der Durchmesser eines gleich grossen Kreises zu nehmen. Statt dessen wird ge-

wöhnlich das arithmetische Mittel $\frac{D + d}{2}$ der beiden Durchmesser als Kreisdurchmesser in Rechnung genommen, womit man bei der Ellipse wie bei der Eiform den Flächeninhalt um $\frac{\pi}{4}\left(\frac{D - d}{2}\right)^2$, d. h., um die der halben Durchmesserdifferenz entsprechende Kreisfläche zu gross erhält. Der Fehler wächst demnach auch hier im quadratischen Verhältnisse zur Differenz des grössten und kleinsten Durchmessers, erreicht jedoch innerhalb der gewöhnlichen Stammformen keine beachtenswerte Grösse.

So beträgt z. B. für das dem gewöhnlichen Durchschnitte entsprechende Durchmesserverhältnis von d = 30 cm und D = 32 cm der Fehler bei Berechnung als Kreisfläche mit dm = 31 cm nur 0.1 %, und selbst bei der schon bedeutenden Durchmesser-Differenz von d = 30 cm und D = 34 cm wäre der Fehler erst 0.4 %.

Querflächen von unregelmässiger Form können überhaupt aus Durchmessern nur annähernd richtig bestimmt werden; — es wird sich hier empfehlen, aus mehreren nach verschiedenen Richtungen, aber mit Vermeidung besonderer Ausbauchungen des Stammes gemessenen Durchmessern das arithmetische Mittel zu nehmen, wobei die Flächeninhalte übrigens meist noch etwas zu gross erhalten werden.

Die Messung des Umfanges anstatt der Durchmesser und die Bestimmung der Querflächen daraus als Kreisflächen muss, da der Kreis von allen Flächen im Verhältnisse zu seinem Umfange den grössten Inhalt hat, für alle nicht kreisförmigen Querflächen stets einen zu grossen Inhalt ergeben und zwar um so mehr, je unregelmässiger deren Form ist. Eine Annäherung an den richtigen Kreisumfang der betreffenden Fläche, wie dies für die Durchmesser durch Messung mehrerer solcher erfolgt, und ebenso eine Ausgleichung der Fehler bei der Messung mehrerer Stämme ist bei der Umfangmessung nicht möglich und muss dieselbe um so mehr zu grosse Resultate ergeben, als bei dem Anlegen des Messbandes auch alle Unebenheiten, Vorsprünge rauher Borke etc. überspannt werden, was bei der Durchmessermessung leicht zu vermeiden ist.

Nach den von R. Micklitz und in der Forstverwaltung Badens gesammelten Erfahrungen ergiebt die Umfangmessung gegenüber der Durchmessermessung um 6—10 % zu grosse Resultate.

Für kreisförmige Querflächen ist die Umfangmessung, abgesehen von ihrer etwas umständlicheren Ausführung, ebenso berechtigt als die Messung der Durchmesser, und bei länglichen oder ovalen, aber sonst regelmässigen Querschnitten würde sie selbst sicherere Resultate geben, als die Messung nur eines Durchmessers.

Aus dem Vorstehenden ergeben sich für die Praxis folgende Regeln:

1. Die Durchmessermessung ist im allgemeinen der Umfangmessung vorzuziehen.

2. Bei elliptischen oder ovalen Stammformen ist der grösste und kleinste Durchmesser zu messen und daraus das arithmetische Mittel zu nehmen; ebenso sind bei starken Stämmen mindestens zwei und bei unregelmässiger Form der Querfläche mehrere Durchmesser mit Hinweglassung besonderer Ausbauchungen zu messen und aus diesen das Mittel zu nehmen. Der berechnete Mitteldurchmesser ist dabei stets nach unten abzurunden.

3. Die Messung der Durchmesser oder Umfänge muss stets winkelrecht auf die Stammaxe erfolgen, im anderen Falle man abermals ein zu grosses Mass erhält.

4. Fällt die Messung auf eine unregelmässige Stelle des Stammes (z. B. Asteingang), so ist der Durchmesser in gleicher Entfernung oberhalb und unterhalb der eigentlichen Messstelle zu messen und aus beiden Abmassen das Mittel zu nehmen.

5. Alle den Durchmesser, bez. Umfang vergrössernden Ansätze von Borke, Moos, Flechten u. dgl. an der Messstelle sind vor der Messung zu entfernen.

6. Für sehr genaue Messungen sind bei unregelmässigen Querflächen die Methoden der Flächenmessung anzuwenden. Am meisten empfiehlt sich die Messung mittelst eines Planimeters, für welchen Zweck die Umfänge der zu messenden Flächen auf Pauspapier übertragen werden können. In Ermanglung eines Planimeters kann der Flächeninhalt auch nach der Simpson'schen Regel gefunden werden, indem man winkelrecht auf den grössten Durchmesser der Fläche in je gleichen Abständen a die Breiten b_0, b_1, b_2 etc. misst und die Fläche nach der Formel

$$G = \frac{a}{3}\left[(b_0 + b_n) + 4(b_1 + b_3 + \ldots\ldots + b_{n-1}) + 2\,(b_2 + b_4 \ldots + b_{n-2})\right]$$

berechnet.

§ 12. **Einfluss der Fehler bei der Durchmesser- und Längenmessung auf den Inhalt.** Für die Beurteilung des erforderlichen Genauigkeitsgrades der vorzunehmenden Messungen, beziehungsweise der zulässigen Abrundungen bei denselben ist die Kenntnis des Einflusses, welchen solche Abrundungen oder Messungsfehler auf das Resultat der Inhaltsberechnung ausüben, von Wichtigkeit und soll derselbe daher im folgenden kurz erörtert werden.

Wird bei der Messung eines Durchmessers d der Fehler δ begangen, wobei, je nachdem der Durchmesser zu gross oder zu klein gemessen wurde, δ mit positivem oder negativem Zeichen zu denken ist, so ist der Fehler im Kubikinhalte, wenn die Länge des Stückes l und d in der Mitte gemessen ist,

$$\Delta v = \frac{\pi}{4}(d + \delta)^2 l - \frac{\pi}{4} d^2 l = \frac{\pi}{4}(2d\delta + \delta^2) l$$

oder mit Vernachlässigung der kleinen Grösse δ^2

$$\Delta v = \frac{\pi}{4} \,.\, 2d\delta \,.\, l,$$

daher bei gleichem Messungsfehler δ der Fehler im Kubikinhalte proportional ist der Grösse des Durchmessers und der Länge des Stückes, d. h. die **absolute** Fehlergrösse wächst bei gleichem δ mit der Grösse von d und l.

Dasselbe gilt von der Umfangmessung, doch würde, wenn der absolute Fehler δ für die Durchmesser- und Umfangmessung gleich ist (z. B. sowohl d als u nur auf Zentimeter genau gemessen werden), die Umfangmessung (abgesehen von sonstigen Einflüssen) relativ dreimal so genau sein, als die Durchmessermessung.

Im Prozentsatze (p) des wirklichen Volumens ausgedrückt ist der obige Fehler

$$\Delta v = \frac{pv}{100} \text{ und } p = \frac{\Delta v}{v} 100 \text{ oder}$$

$$p = \frac{\frac{\pi}{4} 2d\delta \,.\, l}{\frac{\pi}{4} d^2 l} 100 = \frac{\delta}{d} 200.$$

Das Fehlerprozent oder der relative Fehler in der Bestimmung des Kubikinhaltes steht daher bei gleichem Messungsfehler δ in umgekehrtem Verhältnisse zur Grösse des Durchmessers, während die Länge des Stückes hierauf gar keinen Einfluss nimmt. Es folgt daraus, dass für Messungen oder Untersuchungen, für welche gleiche relative Genauigkeit angestrebt wird, die Durchmesser in dem Verhältnisse genauer gemessen werden müssen, als dieselben kleiner werden, und es lässt sich aus obigem leicht eine Skala der zulässigen Fehlergrösse oder Abrundung ermitteln, welche für verschiedene Stärkestufen der Durchmesser einzuhalten ist, um ein bestimmtes Fehlerprozent nicht

zu überschreiten. Ist letzteres $= p$, so ist die zulässige Fehlergrenze $\delta = d\frac{p}{200}$.

Soll z. B. die Fehlergrenze $p = 2$ Prozent nicht überschritten werden, so ist die zulässige Fehlergrösse

$$\text{für } d = 10 \text{ cm } \delta = \frac{10.2}{200} = 0.1 \text{ cm}$$

$$\text{für } d = 20 \text{ cm } \delta = \frac{20.2}{200} = 0.2 \text{ cm}$$

$$\text{für } d = 40 \text{ cm } \delta = \frac{40.2}{200} = 0.4 \text{ cm u. s. w.}$$

Bezüglich des durch die Abrundung entstehenden Fehlers ist zu beachten, dass der grösste hiedurch entstehende Fehler immer nur halb so gross ist, als das Mass der Abrundung selbst, daher in obigen drei Fällen eine Abrundung auf etwa $^1/_4$, $^1/_2$ und 1 Zentimeter zulässig wäre.

Die Anwendung einer solchen Abstufung in der Genauigkeit der Messung ist jedoch nach obigem nur dort berechtigt, wo eine gleiche relative Genauigkeit der einzelnen Messungen erstrebt werden soll, wo das Resultat der Messung starker und schwacher Hölzer für sich in Betracht kommt; dagegen würde es z. B. zwecklos sein, bei der sektionsweisen Kubierung eines Stammes die geringeren Durchmesser mit zunehmender Genauigkeit zu messen, da es sich hier nur um die geringste absolute Fehlergrösse des Gesamtresultates handelt, für welchen Zweck vielmehr die stärkeren Sektionen mit grösserer Sorgfalt gemessen werden müssten, als die geringen. Die Praxis pflegt daher alle zu Einem Gesamtresultat gehörigen Messungen (z. B. alle Stämme eines Bestandes, alle Sektionen eines Stammes) mit gleicher Genauigkeit auszuführen, wogegen schwache Hölzer oder Bestände für sich mit einer feineren Abrundung der Durchmesser zu messen sind als starke.

Wird bei der Messung der Länge l ein Fehler λ begangen, wobei λ ebenfalls als positive oder negative Grösse zu denken ist, so beträgt der Fehler im Kubikinhalte

$$\varDelta v = \frac{\pi}{4} d^2(l + \lambda) - \frac{\pi}{4} d^2 l = \frac{\pi}{4} d^2 \lambda$$

und ist die absolute Fehlergrösse daher der Querfläche proportional, aber von der Länge selbst unabhängig.

Im Prozentsatze (p) des wirklichen Inhaltes ausgedrückt ist dieser Fehler

$$\varDelta v = \frac{pv}{100} \text{ oder } p = \frac{\varDelta v}{v} 100, \text{ somit } p = \frac{\frac{\pi}{4} d^2 \lambda}{\frac{\pi}{4} d^2 l} 100 = \frac{\lambda}{l} 100.$$

oder bei einem gestatteten Fehlerprozente p ist der zulässige Fehler der Längenmessung

$$\lambda = l \frac{p}{100}.$$

Das Fehlerprozent steht daher wieder im geraden Verhältnisse zur Grösse des Messungsfehlers λ und im umgekehrten Verhältnisse zur Länge selbst; dasselbe ist jedoch bei gleicher relativer Genauigkeit der Längen- wie der Stärkemessung (d. h. bei gleichem Verhältnisse $\frac{\lambda}{l}$ wie $\frac{\delta}{d}$) nur halb so gross als das Fehlerprozent der letzteren, da $p_d = \frac{\delta}{d} 200$ und $p_l = \frac{\lambda}{l} 100$.

Es folgt daraus, dass um einen gleichen Einfluss der beiden Messungsfehler auf das Gesamtresultat zu erzielen, die Durchmesser relativ doppelt so genau gemessen

werden müssten, als die Längen. In Wirklichkeit werden aber die Längen, ihrer viel grösseren absoluten Dimension wegen, fast immer relativ genauer gemessen, als die Durchmesser, daher im allgemeinen die Fehler der Stärkemessung das Resultat der Inhaltsberechnung weit mehr beeinflussen, als die Fehler der Längenmessung.

Für den Verkauf werden die Durchmesser in der Regel auf ganze Zentimeter und die Längen auf ganze Dezimeter gemessen; die grössten Fehler der Abrundung betragen daher $\delta = 0.5$ cm, $\lambda = 0.05$ m. Für ein Sägebloch von $d = 33$ cm und $l = 5$ m sind demnach die beiden Fehlerprozente:

$$p_d = \frac{0.5}{33} 200 = 3\%, \quad p_l = \frac{0.05}{5} 100 = 1\%;$$

für ein Bauholz von $d = 50$ cm und $l = 10$ m wären dieselben:

$$p_d = \frac{0.5}{50} 200 = 2\%, \quad p_l = \frac{0.05}{10} 100 = 0.5\%.$$

§ 13. Instrumente zur Durchmesser- und Umfangmessung. Das gebräuchlichste Instrument zum Messen der Durchmesser ist die Kluppe, welche aus einem Massstabe A (Figur 17) besteht, an dessen einem Ende ein Arm B winkelrecht befestigt ist, während ein zweiter Arm C in gleichfalls winkelrechter Stellung am Massstabe auf und ab bewegt werden kann. Wird nun der zu messende Durchmesser zwischen die beiden Arme genommen, so wird dessen Grösse durch diese auf den Massstab übertragen und kann auf der hier angebrachten Einteilung abgelesen werden. Die Innenseite des fixen Armes muss dabei dem Nullpunkte der Einteilung entsprechen. Der bewegliche Arm soll sich leicht verschieben lassen, dabei aber stets bezüglich seiner Innenkante in senkrechter Stellung verbleiben; die den Massstab umgebende Hülse desselben (D) muss daher lang genug sein, um ihm eine sichere Führung zu geben.

b

Die Kluppen werden zumeist aus Holz, mitunter aber auch aus Metall verfertigt. Die Kluppen aus Holz haben den Vorzug der Leichtigkeit und grösseren Billigkeit, sie unterliegen jedoch dem Einflusse des Quellens und Schwindens bei abwechselnder Feuchtigkeit und Trockenheit; es ist daher notwendig, dem Massstabe in der Hülse einen genügenden Spielraum mit Rücksicht auf seine Ausdehnung bei nassem Wetter und zugleich dem beweglichen Schenkel jederzeit die richtige Stellung zu sichern. Unter den vielen Konstruktionen, welche obigen Zweck durch Anwendung von Metallfedern, Keilen oder Schrauben erreichen wollen, verdient diejenige den Vorzug, welche nach den Angaben G. Heyer's zuerst von Staudinger in Giessen verfertigt wurde und welche in Figur 17 und 18 dargestellt ist. Der Massstab (A) hat hier einen trapezförmigen Querschnitt und berührt die Hülse des beweglichen Schenkels (D) nur an seiner oberen und mit kleinen Teilen seiner breiteren Seite, wodurch die Reibung vermindert und hinreichender Spielraum zur Ausdehnung gegeben ist. Die untere schräge Seite des Massstabes ruht auf einem Metallkeil c, welcher durch die Schraube d vor- und rückwärts bewegt werden kann. Hiedurch kann dem Massstabe stets jener Spielraum gegeben werden, welcher für eine leichte, aber sichere Führung erforderlich ist. Um den Metallkeil stets in richtiger Stellung und Spannung zu erhalten, sind zwischen diesen und die Hülse bei e zwei kleine Metallfedern eingelegt.

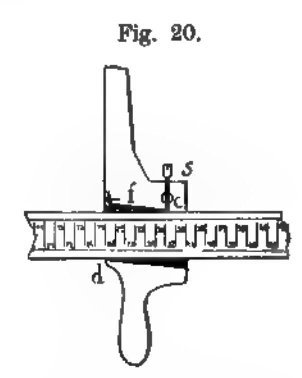
Fig. 18.

d

In einfachster und zugleich für die gewöhnliche Praxis vollkommen befriedigender Weise wird die gestellte Aufgabe durch die von dem kgl. preuss. Oberförster Aldenbrück im Jahre 1864 angegebene, später (1876) von dem dermaligen k. k. Hofrat J. Friedrich in die forstliche Praxis eingeführte Konstruktion gelöst. Diese Kluppe (Fig. 19) besteht aus einem parallelepipedischen Massstabe mit gleichfalls einem fixen

Fig. 19.

Fig. 20.



und einem beweglichen Arm, deren letzterer in seiner Führungshülse einen breiteren aber zur Messkante des Armes schräg gestellten Ausschnitt in der Art erhält, dass im Augenblicke des Messens bei festem Anlegen der Arme an den Stamm durch die Stützpunkte c und d die senkrechte Stellung des Armes C gesichert ist, während derselbe bei freier Bewegung eine schräge Stellung C' einnimmt. Zur Führung dienen die beiden Handhaben E, E_1.

Um einer etwa durch Abnützung der Stützpunkte c und d bei der einfachen Holzkluppe entstehenden Ungenauigkeit in der Stellung des beweglichen Armes zu begegnen, hat nach einem gleichfalls bereits von Aldenbrück gemachten Vorschlage der dermalige k. k. Forstrat E. Böhmerle in der Führungshülse desselben eine Feder (f in der Fig. 20) angebracht, welche nunmehr den durch die Schraube s stets regulierbaren Stützpunkt c bildet.

Eine weitere Kategorie der hölzernen Kluppen sind die Kluppen, bei welchen der Massstab aus zwei mittelst Leiste und Nut ineinander verschiebbarer Teilen besteht, an deren jedem je ein Arm winkelrecht befestigt ist. Hier wird durch die längere Führung der beiden Teile ineinander ein stärkeres Ausweichen der Arme aus ihrer parallelen Stellung verhindert, daher auch diese Kluppen für die mittleren Dimensionen sehr gut, für kleine oder sehr grosse Dimensionen (bei welchen die Führung eine kurze wird) aber bereits ziemlich unsicher funktionieren. Die Länge der beiden Massstabteile braucht in diesem Falle nur etwas über die Hälfte der stärksten zu messenden Dimensionen zu erhalten.

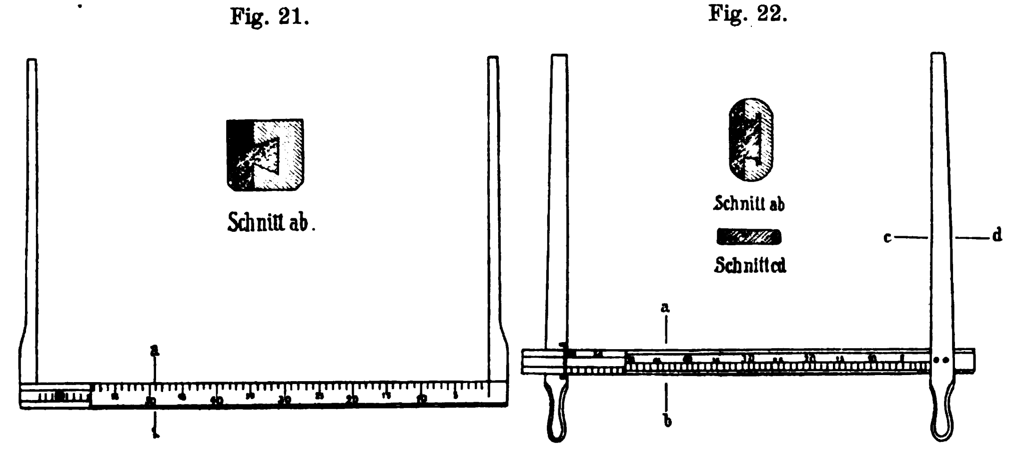
Die beiden Figuren 21 und 22 zeigen die Form der älteren, von Oberförster Friedrich im Jahre 1858 angegebenen, und der Handloss'schen Patentkluppe dieser Art.

Als Materiale für hölzerne Kluppen wird mit Vorliebe das Holz von wilden Obstbäumen oder auch Ahornholz verwendet.

Aus Metall werden Kluppen verfertigt, wenn dieselben für ausgedehnte Abmassen unter schwierigen Verhältnissen dienen, also eine besondere Dauerhaftigkeit besitzen sollen und zwar in diesem Falle meist aus Stahl, — oder für Zwecke sehr genauer Messungen aus Aluminium oder Magnalium mit besonders sorgfältiger Konstruktion

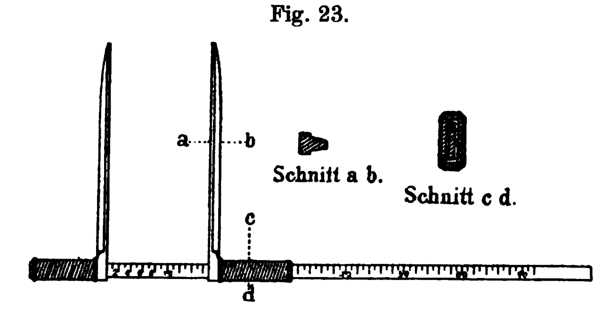
und Einteilung. Metallkluppen erhalten, da sie nur ganz geringen Veränderungen unterliegen, stets nur eine einfache aber nicht zu kurze Führung; bei eisernen Kluppen soll die Führungshülse des beweglichen Armes zur Verminderung der Reibung mit

Fig. 21. Fig. 22.



einem anderen Metall (Messing) gefüttert werden — auch pflegt man die Handgriffe der Führung für den Gebrauch im Winter mit Leder oder mit gefirnisster Rebschnur zu überziehen. Bei eisernen Kluppen ist besonders darauf zu sehen, dass das Gewicht im Ganzen und besonders das Gewicht nach vornehin nicht zu gross wird; die Arme sollen daher, um bei geringstem Gewicht die nötige Festigkeit und Steifheit zu erhalten, sowohl im Querschnitt von innen nach aussen, als auch vom Massstab gegen das Ende zu nach einer parabolischen Linie verjüngt sein. Figur 23 gibt die Form

Fig. 23.



einer Kluppe aus Bessemerstahl, wie sie speziell in Tyrol für grössere Abmassen in Gebrauch steht.

Der Massstab der Kluppen wird meist in Zentimeter geteilt und sollen die Ziffern der Teilung deutlich sichtbar sein; — für feinere Messungen kann auch in einem Ausschnitte der Hülse des beweglichen Schenkels ein Nonius zur Ablesung der Millimeter angebracht werden (Fig. 17).

Für Auszählungen und Messungen, bei welchen durchaus nach einer bestimmten Abrundung (z. B. auf je 2 oder 4 cm) gemessen werden soll, wird die Teilung auch so eingerichtet, dass die Teilstriche die Grenzen der betreffenden Stärkestufen angeben (Abrundungskluppen); — andere Kluppen geben nebst dem Durchmesser auch die Kreisflächen oder auch bereits die Kubikinhalte für bestimmte Längen an (Kubierungskluppen). Von den verschiedenen Konstruktionen selbstregistrierender Kluppen seien hier jene von Oberforstrat H. Reuss, bei welcher die gemessenen

Durchmesser auf einem am Massstabe ausgespannten Papierstreifen piquiert werden und zugleich die Zahl der gemessenen Stämme durch ein Zählwerk registriert wird, und die Wimmenauer'sche Kreisflächenzählkluppe genannt, welche letztere direkt die Summe der Querflächen aller gemessenen Stämme sowie die Anzahl derselben registriert. Andere solche Kluppen geben die gemessenen Durchmesser auf einem sich abwickelnden Papierstreifen durch Typendruck an (z. B. jene von Bodenstein). Alle diese komplizierteren und daher auch kostspieligeren Kluppen haben in der Praxis noch wenig Eingang gefunden; nur die Wimmenauer'sche Kreisflächenzählkluppe ist bei der grossh. hessischen Staatsforstverwaltung vorwiegend in Anwendung.

Die Länge des Massstabes der Kluppen schwankt, je nachdem mehr oder weniger starke Dimensionen damit zu messen sind, in der Regel zwischen 0.6 und 1.0 Meter; die Länge der Arme soll stets etwas mehr als die Hälfte dieser Länge betragen. Für Abmassen von schwächeren Hölzern sind kleinere Kluppen vorzuziehen, da insbesondere in dichten Jungbeständen die Länge des Massstabes hinderlich ist. Die Form der Arme soll auch bei Holzkluppen beträchtlich breiter als dick sein, um das Federn derselben zu verhindern. Um ferner das Ausbiegen des beweglichen Kluppenarmes nach Aussen zu vermeiden, ist die Kluppe stets mit dem Massstabe ganz an den Stamm anzuschieben und sind die Arme zwar knapp, aber ohne Ausübung eines Druckes an den Stammumfang anzulegen; im Gegenfalle werden besonders kleinere Durchmesser stets beträchtlich zu klein gemessen.

Die Führung der Kluppe soll ein bequemes Anlegen der Hand gestatten und stets in der Richtung der Bewegung, also in der Linie des Massstabes liegen; die Führung mittelst Handhaben, welche seitlich oder unterhalb des Massstabes angebracht sind, ist nur bei Kluppen mit grossem Spielraum in der Führungshülse (wie bei der Aldenbrück'schen Kluppe) zulässig. Im Allgemeinen werden in der Praxis solche Kluppen bevorzugt, welche mit entsprechender Leichtigkeit eine solide und einfache Konstruktion verbinden.

Anstatt der Kluppe kann für die Stärkenmessung auch ein entsprechend grosser, eiserner Tasterzirkel (der Tharander Baumzirkel) Anwendung finden; er gewährt jedoch bei grösserer Kostspieligkeit und bedeutendem Gewichte gegenüber den besseren Kluppen keinen Vorteil.

Für die Umfangsmessung benutzt man kleinere Messbänder (2—5 m lang) aus Leinen oder Stahl, welche auf einer Seite die gewöhnliche Zentimeterteilung zur Angabe des Umfanges, auf der anderen Seite aber eine Teilung erhalten, welche die den betreffenden Umfängen entsprechenden Durchmesser angibt, so dass daran auch direkt die Durchmesser abgelesen werden können. Zweckmässig wird das Messband an seinem Anfange mit einem Dorn versehen, um es an dem Baumumfange befestigen und dann an diesen möglichst knapp anlegen zu können. Die Messbänder bieten den Vorzug, dass sie bequem in jeder Tasche mitgenommen werden können und leisten daher auf Reisen, bei Revisionen u. dgl. sehr gute Dienste; für den allgemeinen Gebrauch in der Wirtschaft sind jedoch die Kluppen vorzuziehen.

§ 14. Hilfstafeln. Bei allen Aufgaben der Holzmassenermittlung können zur Vereinfachung und grösserer Sicherheit des Rechnens mit Vorteil Tafeln verwendet werden, und zwar sind es, da die Querflächen fast immer als Kreise berechnet werden und diese wieder entweder mit der Länge oder auch mit der Anzahl der Stücke (bei grösserer Anzahl von gleichen Durchmessern) zu multiplizieren sind, besonders Kreisflächentafeln und Tafeln der vielfachen Kreisflächen (die sogen. Walzentafeln), welche am meisten Anwendung finden. Die ersteren geben für bestimmte Durchmesser oder

Umfänge die Grösse $\frac{\pi}{4}d^2$, bez. $\frac{u^2}{4\pi}$, die letzteren aber zugleich für jede Länge l den Kubikinhalt $v = \frac{\pi}{4}d^2l$, oder für eine Anzahl n gleicher Durchmesser die Gesamt-Kreisflächensumme $G = \frac{\pi}{4}d^2n$ an.

Diesen Kreistafeln schliessen sich meist noch Tafeln an zur Berechnung behauener oder beschnittener Hölzer verschiedener Form und Dimension, dann Tafeln, welche Erfahrungszahlen über Inhalt und Formverhältnisse der Bäume und Bestände enthalten.

Solche Tafeln müssen, um eine leichte und sichere Anwendung zu gestatten, abgesehen von der Korrektheit der Zahlenangaben, (welche übrigens in der Zahl der Dezimalstellen nicht über das von der Praxis geforderte Mass der Genauigkeit gehen soll), auch übersichtlich angeordnet und mit hinlänglich grossen deutlichen Ziffern gedruckt sein; bei Erfahrungszahlen sollen auch stets die Verhältnisse angegeben sein, für welche dieselben gelten.

Speziell als Kreistafeln sind Kunze's Hilfstafeln für Holzmassen-Aufnahmen, Berlin 1884 und A. v. Seckendorffs Kreisflächentafeln für Metermass (Leipzig 1870), für sehr genaue Berechnungen aber Kunze's „Siebenstellige Kreisflächen für alle Durchmesser von 0.01 bis 99.99. Dresden 1868“ zu empfehlen.

Von den zahlreichen eigentlichen Kubierungstafeln für verschiedene Holzsortimente zeichnen sich besonders Pressler's „Forstliche Kubierungstafeln“ durch klaren Druck und übersichtliche Anordnung aus; als umfassende Hilfstafeln für alle Aufgaben der Holzmesskunde sind Presslers „Forstliches Hilfsbuch“, aus welchem auch bequeme Auszüge speziell für die Baum- und Waldmassenschätzung, dann für die Zuwachsermittelung erschienen sind, dann Burckhardt's Hilfstafeln und Schindler's Portefeuille für Forstwirte zu nennen; auch sind solche Kreisflächen-, Kubierungs- und sonstigen Hilfstafeln in den meisten Forstkalendern enthalten.

II. Ermittelung der Holzmasse stehender Bäume.

§ 15. Uebersicht der Methoden. Für die Ermittelung der Holzmasse stehender Bäume sind die Bedingungen gegenüber der Messung liegender Stämme insoferne wesentlich verschiedene, als hier nur die unteren Durchmesser oder Umfänge des Stammes direkt gemessen werden können, wogegen die Messung der Höhe sowie aller oberen Durchmesser von etwa 2 Meter aufwärts nur indirekt erfolgen kann; auch wird hier in der Regel, besonders für die Bestimmung der Astmasse, teilweise auch die blosse Schätzung oder die Benutzung von Erfahrungszahlen Platz greifen müssen.

Die vielfach verschiedenen Methoden, welche für die Inhaltsbestimmung stehender Bäume angewendet werden können, lassen sich in vier Hauptgruppen einteilen; dieselbe kann nämlich erfolgen:

1. ohne alle Messung, also nur durch Abschätzung (Okularschätzung).

2. nur durch Messung der Höhe und des zugänglichen unteren Durchmessers, wobei die Holzmasse aus diesen beiden Grössen nach Erfahrungszahlen, und zwar entweder direkt für den Kubikinhalt (nach Massentafeln), oder auch aus solchen für das Verhältnis des wirklichen Masseninhaltes zu jenem einer Walze von gleicher Grundfläche und Höhe (nach Formzahlen) bestimmt wird;

3. aus der gemessenen Höhe und Grundstärke und dem Verhältnisse eines bestimmten oberen Durchmessers zur Grundstärke (nach Pressler's Richthöhe oder durch Ermittlung der Formzahl aus jenem Verhältnisse);

4. durch Messung der Höhen, dann des unteren und eines oder mehrerer oberer Durchmesser, und zwar in diesem Falle entweder nach einer der in §§ 2 und 3 abge-

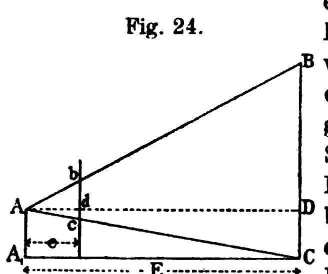
leiteten allgemeinen Kubierungsformeln oder durch sektionsweise Kubierung.

Für alle nicht allein auf Okularschätzung beruhenden Verfahren ist die indirekte Messung der Höhen, für die unter 3. und 4. bezeichneten Verfahren aber auch die indirekte Messung oberer Durchmesser notwendig, welche Messung wieder besondere Instrumente erfordert, daher wir eine kurze Beschreibung der wichtigsten dieser Instrumente der Ausführung der Kubierungsmethoden selbst vorausschicken wollen.

A. Instrumente zur indirekten Höhen- und Stärkemessung.

§ 16. Geometrisches Höhenmessen. Die meisten Methoden und Instrumente für die indirekte Höhenmessung beruhen auf der Bildung ähnlicher Dreiecke und der Berechnung der nicht direkt messbaren Höhe aus den messbaren Stücken derselben, und zwar wird dabei meist das durch den Augpunkt des Beobachters A, die Spitze des Baumes B und dessen Fusspunkt C gegebene Dreieck durch die vom Augpunkte bis an den Stamm gedachte Horizontallinie AD in zwei rechtwinklige Dreiecke zerlegt, und die Höhe BC demnach aus den beiden Stücken BD und CD, beziehungsweise aus den diesen entsprechenden Stücken der korrespondierenden Dreiecke am Instrumente bestimmt.

Fig. 24.



Das einfachste dieser Verfahren, ist die Höhenmessung mittelst Stäben. Stellt man sich nämlich in entsprechender Entfernung vom Stamme in A, (Fig. 24) und in geringer Entfernung $Ad = e$ vor sich gegen den Stamm einen Stab senkrecht auf, visiert man dann vom Augpunkte A nach der Spitze und dem Fusse des Baumes und markiert diese Visierlinien am Stabe in b und c, so verhält sich, da

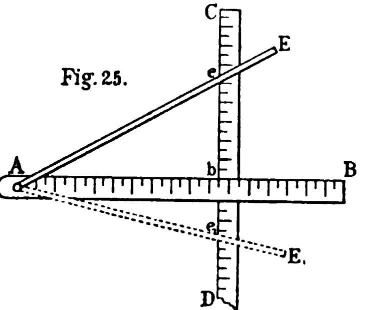
$$\triangle Abc \sim \triangle ABC \text{ ist,}$$
$$BC : bc = AD : Ad = E : e,$$

wenn wir die horizontal zu messende Entfernung des Standpunktes vom Stamme mit E bezeichnen; daher die Höhe des letztern $BC = bc\frac{E}{e}$.

Um dabei den Augpunkt unverrückt zu erhalten, steckt man in A_1 einen zweiten, kürzeren Stab ein, von dessen oberem Ende aus man visiert.

Hat man z. B. die Entfernung vom Stamme = 30 m gemessen, die Entfernung des Stabes = 1.5 m genommen und nach der Visur auf die Spitze und den Fusspunkt des Stammes bc = 1.20 m erhalten, so ist die Höhe des betreffenden Stammes $H = 1.2 \frac{30}{1.5} = 24$ Meter.

Fig. 25.



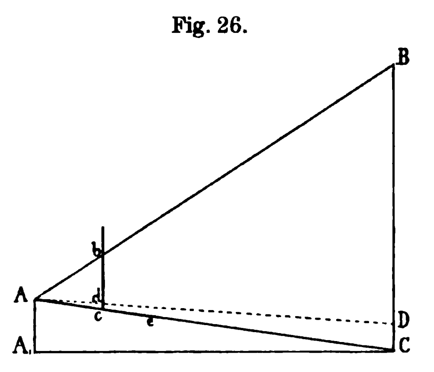
Eine feinere Ausführung dieser Methode ist die Messung mittelst des Hossfeld'schen Höhenmessers. Derselbe besteht aus zwei mit einer gleichen Teilung (etwa in Zentimeter und Millimeter) versehenen Schienen aus Holz oder Metall, deren eine CD mittelst eines leichten Stativs vertikal aufgestellt wird, während die andere AB sich in dieser sodann in horizontaler Richtung verschieben lässt; ein dritter dünner Stab ist um den Punkt A drehbar und dient zur Visur auf die Spitze und auf den Fusspunkt des Baumes.

Wird nun, nachdem die Horizontal-Entfernung des Standpunktes vom Baume

gemessen wurde, die Schiene AB so eingestellt, dass die Anzahl der Teile bis zur Kante CD der zweiten Schiene dieser Entfernung (und zwar etwa 1 cm für je 1 Meter Distanz) entspricht, so geben die von dem Visierstabe bei den beiden Visuren AE und AE_1 an der Schiene CD vom Punkte b aus abgeschnittenen Teile in ihrer Summe direkt die Höhe des Baumes, da die Stücke be und be_1 ebenso ein verjüngtes Mass des oberhalb und unterhalb der Horizontallinie gelegenen Teiles der Baumhöhe sind, wie das Stück Ab ein verjüngtes Mass der Horizontaldistanz ist.

Auch die Höhenmessung mit dem Sanlaville'schen Dendrometer beruht in der Hauptsache auf demselben Prinzipe; nur lässt hier die verschiebbare Horizontalschiene Ae (Figur 26) eine Neigung gegen den Horizont zu, deren Winkelbetrag an einem kleinen Gradbogen gemessen werden kann, und lässt sich demnach direkt auf den Fusspunkt des Baumes einstellen. Diese Schiene ist daher hier auf das Mass der schiefen Distanz AC einzustellen, welche entweder direkt als solche gemessen oder auch aus der horizontal gemessenen Distanz A_1C und dem Neigungswinkel der Visur α nach der trigonometrischen Formel $AC = \frac{A_1C}{\cos\alpha}$ berechnet werden kann. Die Visur auf den Fusspunkt erfolgt durch die in A und c angebrachten Diopter; für die Visur auf die Spitze des Baumes oder eine sonst zu messende Höhe dient ein zweites Objektiv-Diopter, welches mittelst einer den Vertikalstab umgebenden Hülse an diesem verschiebbar ist. Die Teilung beider Stäbe erfolgt wieder am besten in Zentimeter und Millimeter (und zwar für die Schiene Ae vom Okular A aus, für den Vertikalstab vom Kreuzungspunkte c der beiden Stäbe aus nach aufwärts) und giebt, wenn das Stück Ac auf das Mass der schiefen Entfernung AC so eingestellt wird, die Ablesung der oberen Visur bei b direkt die Höhe BC in Metern und Dezimetern. Der Vertikalstab ist hier meist zylindrisch geformt und kann mittelst einer Dosenlibelle und Stellschrauben genau vertikal gestellt werden. Das ganze Instrument wird aus Messing angefertigt und auf ein leichtes dreibeiniges Stativ aufgestellt.

Fig. 26.



Anstatt der Distanzmessung kann für die Einstellung des Instrumentes auch ein Normalmass benützt werden. Zu diesem Zwecke ist bei c ein kleiner Messingrahmen mit zwei Visirfäden angebracht, deren Entfernung genau der Einheit der Teilung (in unserem Falle 1 cm) entspricht. Am Fusse des zu messenden Stammes wird nun das dieser Teilung entsprechende Normalmass (1 Meter) und das Instrument an geeigneter Stelle aufgestellt, dann die Schiene Ae nach Einstellung in die Richtung der Latte so lange verschoben, bis die Visur über die beiden Fäden cd genau die Normallatte CD deckt. Aus der Aehnlichkeit der beiden Dreiecke ACD und Acd, dann ABC und Abc, welche die Seiten AC und Ac gemeinsam haben, ergibt sich, dass

$$BC : bc = AC : Ac = CD : cd$$

daher, wenn cd die Einheit der Teilung und CD die Einheit des Höhenmasses (1 Meter) ist, auch die Ablesung Ac die schiefe Distanz AC, und die Ablesung bc die Höhe BC direkt angiebt.

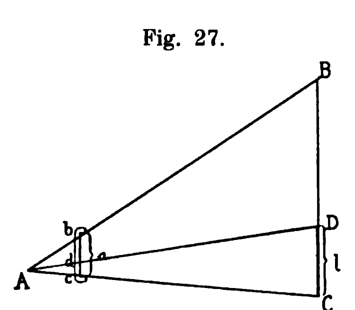
Für grosse oder ganz geringe Distanzen kann auch mit doppeltem oder halbem Normalmass gemessen werden; für ersteren Zweck ist zwischen den beiden Fäden des zum Normalmass gehörigen Diopters noch ein Mittelfaden angebracht und wird die

ganze Latte mit der halben Fadendistanz gemessen, im letzteren aber die Hälfte des Normalmasses mit den beiden äusseren Fäden, und man hat dann selbstverständlich im ersten Falle die Ablesung bc mit 2 zu multiplizieren, im zweiten Falle durch 2 zu dividieren. Zur sicheren Einstellung dürfte es besser sein, den drei Diopterfäden eine Distanz von je 1 cm (also für die äusseren von 2 cm) und dementsprechend auch den Zielscheiben des Normalmasses eine Entfernung von 2 Metern zu geben.

Die indirekte Distanzmessung durch eine am zu messenden Stamme aufgestellte Latte von bestimmter Länge ist übrigens auch bei anderen Höhenmessern ausführbar und soll deshalb im weiteren nicht mehr besonders erwähnt werden; die direkte Distanzmessung, welche auch wohl selten einer Schwierigkeit unterliegt, gibt jedoch unter allen Umständen als Grundlage der Höhenmessung eine grössere Genauigkeit, als die Einvisierung einer verhältnismässig kleinen Lattenhöhe mit den meist ziemlich primitiven Visiervorrichtungen.

Eine sehr einfache Ausführung der Höhenmessung nach dem gleichen Prinzip, wie es dem Sanlaville'schen Dendrometer zugrunde liegt, aber ohne Instrument, nur mit Hilfe eines gewöhnlichen zusammenlegbaren Massstabes und einer 2 oder besser 4 Meter langen Latte, bietet das von Forstmeister Hub angegebene Verfahren. Man stellt die Latte an den zu messenden Baum oder macht sonst an demselben die Höhe von 2 oder 4 m durch eine Marke ersichtlich und markiert an dem Massstabe die dieser Lattenhöhe entsprechende Anzahl von Centimetern (etwa durch Ueberkleben der ersten 2—4 cm des Massstabes mit einem färbigen Papier.) Hält man nun von angemessener Entfernung aus den Massstab, mit der Marke nach unten, so vor das Auge, dass die Visur über die beiden Enden der Marke die Latte deckt, und visiert bei unveränderter Stellung auf die Baumspitze, so ergiebt die dieser Visierlinie entsprechende Ablesung der Zentimeterzahl am Massstabe direkt die Baumhöhe in Metern. Der Beweis hiefür geht aus Fig. 26 ohne weiteres hervor.

Fig. 27.



Ein diesem ähnliches, aber durch die Art der Ausführung unterschiedenes Verfahren ist das des schweiz. Oberförsters Christen. Dieser benützt dazu ein etwa 34 cm langes Messinglineal, von welchem in bestimmtem Abstande a (vergl. Fig. 27) zwei Kanten vorspringen, und gleichfalls eine 4 m lange Latte. Das Lineal wird bei angemessener Entfernung des Messenden vom Baume aus freier Hand hängend gehalten und solange vom Auge wegbewegt, bis die Visur über die beiden Kanten den Baum vom Fusspunkt bis zum Gipfel einschliesst. Der Abstand des Punktes, in welchem sodann die Visierlinie auf das obere Ende der Latte das Lineal trifft, von dessen unterer Kante giebt nun ein Mass für die Höhe des Baumes und kann diese am Lineal an der betreffenden Stelle direkt abgelesen werden. In Fig. 27 sei BC die zu messende Baumhöhe (h), bc der Abstand der Kanten am Lineal (a), CD die Lattenlänge (l) und cd der dieser entsprechende Abstand der Visuren auf das obere und untere Lattenende (λ). Aus der Aehnlichkeit der Dreiecke ABC und Abc, dann ACD und Acd ergiebt sich

$$BC : bc = CD : cd \quad \text{oder} \quad h : a = l : \lambda$$

und daraus ergiebt sich $\lambda = \frac{a \cdot l}{h}$. Aus den gegebenen Grössen $l = 4$ m und $a = 30$ cm können nun die Werte von λ für alle Höhen von 5 bis 40 m berechnet und auf dem Lineal aufgetragen werden.

Als ein anderes, sehr einfaches Verfahren, um gegebenenfalls ohne Anwendung eines Instrumentes oder einer Messlatte annähernd die Höhe eines Baumes zu bestimmen, sei das folgende empfohlen: Man stellt sich in einer mit dem Messband oder durch Schrittmass bestimmten Entfernung (meist 20, 25 oder 30 m) vom Baume auf und hält einen gewöhnlichen, in Zentimeter geteilten Massstab vertikal hängend in der Entfernung von 0.5 m vom Auge so vor sich, dass die Visur über das obere Ende des Massstabes die Spitze des Baumes trifft; die hierauf bei der Visur zum Fusspunkt des Baumes abgelesene Anzahl von Zentimetern des Abstandes beider Visuren am Massstabe mit der doppelten Entfernung multipliziert, giebt die Höhe des Baumes.

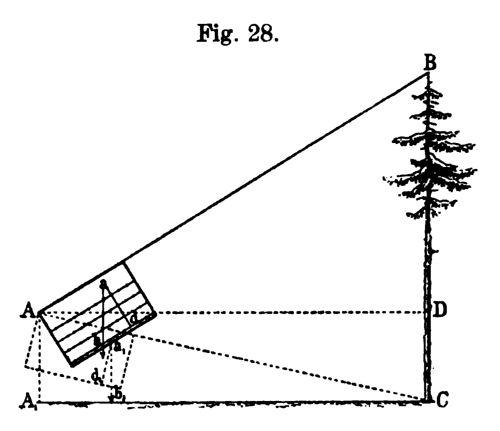
Bezeichnet man wieder mit h die Baumhöhe, mit E die Entfernung des Messenden vom Baume, mit e die Entfernung des Massstabes vom Auge und mit a die Ablesung in cm am Massstabe, so ist $h : a = E : e$, daher $h = a \cdot \frac{E}{e}$ und da $e = 0.5$ m ist, $h = a \cdot 2E$.

Bei allen den letztangeführten Verfahren ist nebst den aus der verhältnismässig geringen Lattenhöhe, beziehungsweise aus der nicht genauen Einhaltung der Entfernung von 0.5 m des Messstabes vom Auge, entstehenden Fehlern auch die Veränderung des Augpunktes bei den Visuren zur Spitze und zum Fusspunkt des Baumes eine Fehlerquelle; es empfiehlt sich daher, die Entfernung vom Baume nicht zu klein zu wählen, um ohne wesentliche Aenderung in der Kopfstellung beide Visuren ausführen zu können.

Es sei hier endlich noch der Benützung eines rechtwinkligen, gleichschenkligen Dreieckes zur Messung der Baumhöhen gedacht, welches Verfahren jedoch nur in ebenem Terrain anwendbar und gleichfalls mit Fehlerquellen behaftet ist, daher dasselbe selbst gegenüber den letztangeführten einfacheren Verfahren kaum einen Vorzug verdient.

§ 17. **Fortsetzung.** Eine zweite Serie von Instrumenten zum Höhenmessen ist aus dem Dendrometer von Winkler hervorgegangen, daher wir dieses Instrument, wenn es auch durch bessere Konstruktionen bereits überholt ist, kurz berühren wollen. Es besteht aus einem rechteckigen Brettchen von etwa 16 cm Länge und 9 cm Breite, dessen oberer Rand entweder selbst zur Visur dient oder mit besonderen kleinen Visierdioptern versehen ist. Nahe dem oberen Rande gegen die rechte Seite des Brettchens ist ein Senkel aufgehängt. Durch den Aufhängepunkt a des Senkels (Figur 28) ist eine auf die Visierlinie senkrechte Linie, ferner sind in gleichen Entfernungen von jenem Punkte a eine Anzahl zur Visierlinie paralleler Linien gezogen, auf welchen allen die erstere Linie daher senkrecht steht. Diese parallelen Linien erhalten eine Teilung nach demselben Grundmasse, welches ihrer gegenseitigen Entfernung entspricht.

Fig. 28.



Visiert man von A aus auf die Spitze des Baumes B und denkt man sich die Horizontale $AD = A_1C = E$ (der horizontal gemessenen Distanz des Standpunktes vom Baume) gezogen, so bilden die Senkellinie ab und die Linie ad mit allen durch letztere gehenden zur Visierlinie parallelen Linien ähnliche Dreiecke mit dem Dreiecke ABD, denn es ist allgemein, weil die Seite ad senkrecht auf AB und die Seite ab senkrecht auf AD steht, der Winkel bei a gleich dem Winkel bei A und, da beide Dreiecke rechtwinkelig, das Dreieck abd ähnlich dem Dreiecke ABD, und es gibt daher, wenn die Anzahl der Teile von a bis d dem Masse der Horizontaldistanz AD entspricht, auch die Anzahl der Teile von d bis b direkt das Mass des Höhenstückes BD. Werden also z. B. auf ad von a aus 6 Teile aufgetragen, die je 5 Metern wirklicher Distanz entsprechen sollen, und werden dieselben Teile auf den Parallellinien noch in je 5 kleinere Teile untergeteilt, so gelten die durch den 2., 3. etc. Teilpunkt durch ad gezogenen Linien für die Distanzen von 10, 15, 20, 25, 30 Meter, und die vom Senkelfaden auf der der jeweiligen Distanz entsprechenden Linie von ad aus abgeschnittenen kleineren Teile geben direkt die Höhe BD in Metern, wobei noch halbe oder selbst viertel Meter geschätzt werden können. Um den unteren Teil der Höhe CD zu messen, wird die Visur nach abwärts auf den Fusspunkt C gerichtet, und gibt der Senkelfaden nunmehr rechts von der Linie ad wieder direkt an der betreffenden Linie die Höhe

dieses Stückes an, und es ist daher die Höhe selbst gleich der Summe der beiden Ablesungen.

Sollte die vom Standpunkte gezogene Horizontale AD unterhalb des Fusspunktes C fallen (Fig. 29), so ist die Baumhöhe H = BD — CD, und ist daher in diesem Falle die zweite Ablesung von der ersten abzuziehen.

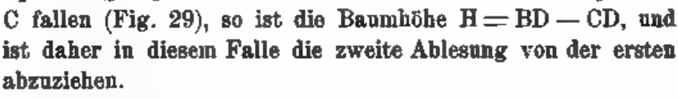
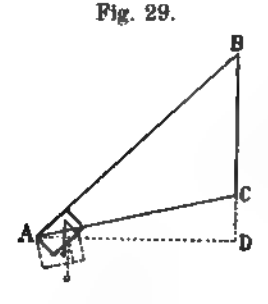
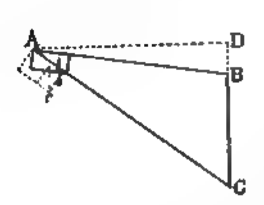


Fig. 29.



Der dritte Fall, dass die Horizontale AD über die Spitze des Baumes fällt (Fig. 30), hat, da diese Stellung für die Messung sehr ungünstig wäre, für die Praxis wohl keine Bedeutung. Uebrigens sind die beiden letzteren Fälle dadurch charakterisiert, dass bei denselben beide Ablesungen auf dieselbe Seite der Teilung von der Linie ad aus (und zwar im zweiten Falle beide links, im dritten beide rechts) fallen, während sie im ersten Falle auf verschiedenen Seiten liegen, und es gilt daher für alle analogen Messungen die Regel, dass die Abmessungen zu addieren sind, wenn sie auf verschiedene und zu subtrahieren, wenn sie auf die gleiche Seite der Teilung fallen.

Fig. 30.



Das Winkler'sche Dendrometer [14]) hat in seiner ursprünglichen Form die Nachteile, dass man bei dessen Benützung auf die Einhaltung bestimmter Distanzen des Standpunktes vom zu messenden Baume und bezüglich des als Mass dienenden Dreieckes auf die verhältnismässig kleinen Dimensionen des Instrumentes beschränkt ist, dass man ferner, um eine sichere Ablesung des Senkelfadens zu erhalten, entweder einen Gehilfen benötigt, welcher diese Ablesung während des Visierens vornimmt, oder das Instrument auf einem Stativ (auch mittelst einer kleinen Baumschraube an einem anderen Baume, einem Stabe oder dgl.) befestigen muss.

Fig. 31.

Allen diesen Nachteilen begegnet die Konstruktion, welche Oberförster Faustmann seinem Spiegelhypsometer gegeben hat und welche aus Figur 31 ersichtlich ist. Der Aufhängepunkt des Senkels ist hier an einem Schieber angebracht,

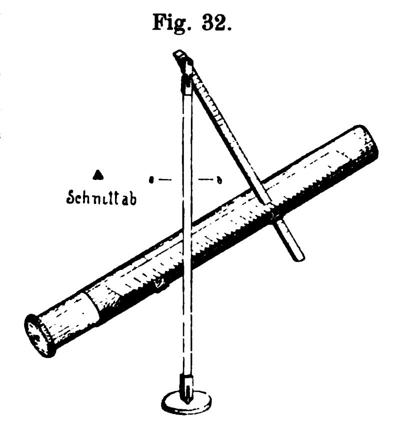
14) Dasselbe wurde durch Professor F. Grossbauer in ein kleines Universal-Instrument umgestaltet. Siehe darüber die Schrift: F. Grossbauer, Das Winkler'sche Taschen-Dendrometer neuester Konstruktion. Wien 1864.

der sich in einer Nut bewegt und durch eine Feder in jeder Stellung festgehalten wird.

Die Entfernung des Aufhängepunktes des Senkels vom 0 Punkte der am Fuss des Brettchens angebrachten Höhenskala kann durch die zu beiden Seiten des Schiebers angebrachten Skalen (die Distanz-Skala) in Teilen von 1—100 (für Metermass etwa von 1—30) gemessen werden. Es kann demnach der Schieber auf jede beliebige Distanz eingestellt und kann ferner das der Messung zu Grunde liegende Dreieck (in welchem die Linie vom Aufhängepunkte des Senkels bis zum 0 Punkte der Höhenskala der Horizontaldistanz, das Stück der letzteren Skala vom 0 Punkte bis zum Senkelfaden der gemessenen Höhe und der Senkelfaden selbst der schiefen Entfernung bis zum anvisierten Höhenpunkte entspricht) durch Herausziehen des Schiebers (bei kleineren Distanzen auf ein vielfaches derselben) vergrössert werden[15].

Ferner ist an dem Instrumente ein drehbarer Spiegel angebracht, in welchem die Stellung des Senkelfadens während der Visur beobachtet und die Ablesung der Höhe daher auch beim Gebrauche des Instrumentes aus freier Hand mit Sicherheit erfolgen kann. Damit man mit dem Instrumente richtig arbeite, muss die Visierlinie parallel zur Teilungslinie der Höhenskala sein und die durch den Aufhängepunkt des Senkels und den 0 Punkt der Höhenskala gehende Linie auf diesen beiden senkrecht stehen; ferner müssen die Teile der Distanz- und der Höhenskala gleich gross sein[16].

Fig. 32.



In dem Höhenmesser von Weise ist dasselbe Prinzip der Messung, nur in anderer Form, ausgebildet. An Stelle des Brettchens mit den Dioptern tritt hier ein Visierrohr (Fig. 32), an welchem ein Stab (die Distanzskala), an dessen oberem Ende das Senkel befestigt ist, sich winkelrecht zur Visierlinie verschieben lässt. Seitlich am Visierrohr ist die Höhenskala parallel zur Visierlinie angebracht, an welcher sich das Senkel bewegt. Um die Einstellung des Senkels zu fixieren, ist die Höhenskala mit kleinen Kerben versehen und statt des Senkelfadens ein dreikantiges Stäbchen genommen, welches sich in die Kerben einlegt. Die Höhen können, da die Kerben je einem halben Meter entsprechen, nur auf diese Genauigkeit gemessen werden; auch sind grössere Fehler durch unrichtiges Eingreifen des Stäbchens wohl nicht ausgeschlossen; dagegen scheint uns die Anwendung des Visierrohres ein Vorzug zu sein.

§ 18. Trigonometrisches Höhenmessen. Werden von irgend einem Punkte A aus die Elevations- und beziehungsweise Depressionswinkel α_1 und α_2 der Visuren an den Scheitel B und den Fusspunkt C eines Baumes, sowie die horizontale Entfernung AD des Standpunktes von der Stammmitte gemessen, so ist für alle drei

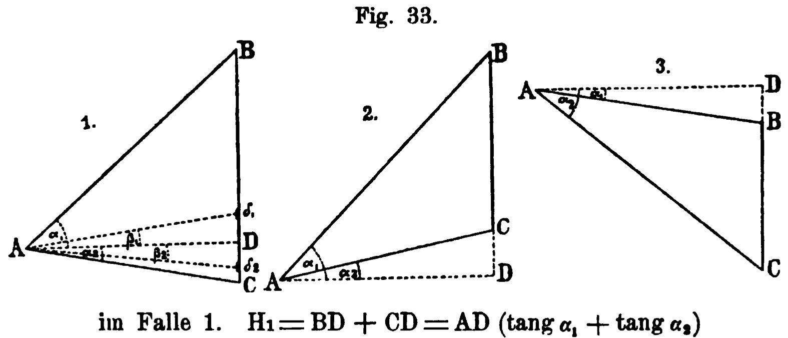
---

15) Die Messung wird selbstverständlich um so ungenauer, je kleiner das messende Dreieck abd am Instrumente gegenüber dem zu messenden Dreiecke ABD (Fig. 28) ist; es soll daher die Einstellung auf kleine Distanzen ganz vermieden und stets ein möglichst grosses Dreieck gebildet werden. Hat man z. B. eine Distanz von 20 oder 25 m gemessen, so stellt man am besten die Skala auf 100 und hat dann die gefundene Höhe durch 5 bez. 4 zu dividieren. Man erhält die Höhe in diesem Falle auch 5-, beziehungsweise 4mal so genau, als wenn man auf 20 oder 25 eingestellt hätte.

16) Das Faustmann'sche Spiegelhypsometer ist auch für Nivellierungsarbeiten sehr gut verwendbar; wird der Schieber dabei auf 100 eingestellt, so giebt die Ablesung der Höhenskala direkt die Gefällsprozente.

in Figur 33 skizzierten Fälle BD = AD tang α_1, CD = AD tang α_2 und speziell:

Fig. 33.



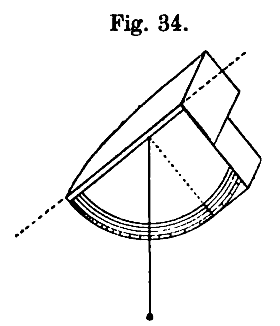
im Falle 1. $H_1 = BD + CD = AD\ (\text{tang}\ \alpha_1 + \text{tang}\ \alpha_2)$
im Falle 2. $H_2 = BD - CD = AD\ (\text{tang}\ \alpha_1 - \text{tang}\ \alpha_2)$
im Falle 3. $H_3 = CD - BD = AD\ (\text{tang}\ \alpha_2 - \text{tang}\ \alpha_1)$

Diese Messung kann mit jedem Instrumente, das mit einem Höhenkreise ausgestattet ist, ausgeführt werden. Auch hier kann an Stelle der direkten Distanzmessung die Messung der beiden Winkel β_1 β_2 an die Zielscheiben einer Latte treten, welche neben dem Stamme aufgestellt wird, indem man aus diesen Winkeln und dem bekannten Abstande a der Zielscheiben die Distanz $AD = \frac{a}{\text{tang}\ \beta_1 + \text{tang}\ \beta_2}$ berechnet; doch dürfte sich diese Messung und Berechnung meist umständlicher und zeitraubender gestalten, als die direkte Messung der meist nur 20—30 Meter betragenden Distanz, und wäre auch für diese Berechnung eine sehr genaue Ablesung der kleinen Winkel β_1 und β_2 oder die Messung derselben mittelst einer Mikrometerschraube erforderlich.

Die umständliche logarithmische Berechnung der vorstehenden Formeln kann zwar durch Tabellen vereinfacht werden, welche das Produkt bestimmter Längen mit den Tangenten der Neigungswinkel angeben[17]), doch zieht es die Praxis vor, die Resultate möglichst direkt oder durch ganz einfache Rechnung zu erhalten, was durch eine Tangententeilung des Gradbogens ermöglicht wird, daher auch verschiedene Höhenmesser eine solche Tangententeilung benützen.

Das einfachste Instrument dieser Art und wohl auch eines der einfachsten und verwendbarsten Instrumente für die Höhenmessung überhaupt ist der Pressler'sche Messknecht. Es ist dies eine Tafel von fester Pappe, welche sich durch Einschnitte der Kanten in eine Würfelecke zusammenlegen lässt (Figur 34). Die obere Seite des so zusammengelegten Instrumentes enthält an dem abgerundeten Rande eine Winkelteilung, dann die Werte der Sinuse, der Bogen und Segmente für die betreffenden Winkel und kann mit Verwendung eines kleinen Diopters zu kleinen geodätischen Arbeiten verwendet werden; die Vertikalseite enthält am Rande gleichfalls die Winkelteilung, dann die Werte der Tangenten, der Kosinuse und Sekanten für den Radius = 100. Im Mittelpunkte des Teilkreises ist ein Senkel aufgehängt, welches zur Ablesung der Winkel oder ihrer Funktionen und zugleich dazu dient, die vertikale Stellung dieser Seite des Instrumentes zu kontrollieren. Die Visur erfolgt über die obere Kante des Instrumentes oder für genauere Messungen mittelst eigener

Fig. 34.



17) Sehr umfassend sind solche Hilfstafeln für trigonometrische Messungen in Breymanns Tafeln für Forstingenieure, Wien 1859, enthalten.

Visierstifte. Ausserdem enthält der Messknecht auf der Rückseite eine vollständige Logarithmentafel [18]).

Für den Gebrauch des Instrumentes zur Höhenmessung wird dasselbe mit ausgestrecktem linkem Arme so gehalten, dass die Pendelwand vertikal steht und die Ecke vom Beobachter abgewendet ist; man visiert nun über die obere Karte auf den zu messenden Höhenpunkt und beobachtet gleichzeitig das Pendel, welches knapp an der Seite des Instrumentes sich ruhig bewegen soll. Ist das Pendel zur Ruhe gekommen, so wird dessen Stellung durch langsames und vorsichtiges Wenden des Messknechtes fixiert und der Tangentenwert (an der unmittelbar am Rande befindlichen Teilung) abgelesen. Zur Sicherung gegen ein etwaiges Verschieben des Pendels ist es geraten, jede Visur und Ablesung 2—3 mal zu wiederholen. Da die Tangentenwerte für den Radius = 100 gelten, so erhält man die Baumhöhe, wenn man die Summe (eventuell die Differenz) der beiden Ablesungen bei der Visur an die Spitze und an den Fusspunkt mit der Entfernung des Standpunktes vom Baume multipliziert und das Resultat durch 100 dividiert.

Ein anderes Instrument zur trigonometrischen Höhenmessung ist das Abney'sche Spiegel-Diopter, welches der Mechaniker Tesdorpf in Stuttgart verfertigt. Es ist dies ein Visierrohr, mit welchem ein Gradbogen mit Tangententeilung fest verbunden ist; ober dem Rohre ist eine Libelle mit der Luftblase nach abwärts angebracht und mit dieser ein Zeiger in senkrechter Stellung zur Libellenaxe verbunden, welcher den Indexstrich, beziehungsweise den Nonius, für die Tangententeilung trägt. Libelle und Zeiger sind um die Mittelaxe des Gradbogens drehbar. Das Visierrohr ist oben, der Libelle gegenüber, durchbrochen und enthält an dieser Stelle einen kleinen unter 45° geneigten Spiegel, welcher es ermöglicht, gleichzeitig mit der Visur von der Okularöffnung aus auch den Stand der Libelle zu beobachten. Während der Visur (aus freier Hand oder unter Anwendung eines leichten Stativs) wird nun mittelst eines Knopfes die Libelle und damit auch der Zeiger so lange gedreht, bis die Luftblase der ersteren einspielt; in diesem Falle bildet der Zeiger mit der Mittellinie des Gradbogens einen Winkel, welcher dem Neigungswinkel der Visur gleich ist, (da, wie aus Fig. 35 hervorgeht, die beiden Schenkel dieser Winkel auf einander senkrecht stehen), und wird daher an der Teilung der dem letztern entsprechende Wert der Tangente abgelesen.

Fig. 35.

Im Uebrigen ist der Vorgang der gleiche wie im vorigen Falle.

Ein Vorzug dieses Instrumentes ist es, dass dasselbe unter allen Umständen ein sicheres Einstellen und Ablesen der Visur ermöglicht, während bei allen anderen bisher von uns beschriebenen Instrumenten, die aus freier Hand benutzt werden können, die Ablesestelle durch einen Senkelfaden bezeichnet wird, dessen Einstellung eine ruhige Hand erfordert und bei stark bewegter Luft überhaupt unsicher wird. Auch sei noch die sehr sorgfältige Ausführung dieses Instrumentes gegenüber dem Pressler'schen Messknechte hervorgehoben.

Als ein Versuch, das Prinzip des Hadley'schen Spiegelsextanten für die Baumhöhenmessung anzuwenden, sei unter den zahlreichen sonstigen für diesen Zweck verwendbaren Instrumenten [19]) noch Pfister's Höhenspiegel erwähnt, bei welchem

18) Eine ausführliche Anweisung für den Gebrauch dieses Instrumentes mit oder ohne Stativ und sonstige Behelfe giebt Presslers Forstliches Messknechts-Praktikum.

19) Eine Beschreibung aller wichtigeren, für die Baumhöhenmessung in Betracht kommenden Instrumente ist in Dr. Müller's Lehrbuch der Holzmesskunde II. Tl. enthalten.

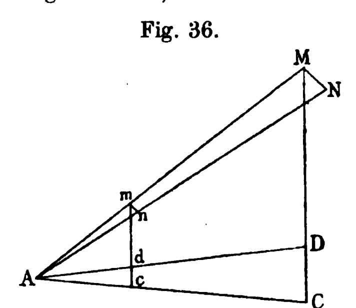
Instrumente ein fixer und ein diesem gegenübergestellten drehbarer Spiegel gestatten, den Fusspunkt des Baumes (bei freier Visur) und dessen Spitze (im reflektirten Bilde) zugleich ins Auge zu fassen, wobei ein mit dem drehbaren Spiegel verbundener Zeiger die direkte Ablesung der dem jeweiligen Drehungswinkel bei einer bestimmten Entfernung (E = 20 m) entsprechenden Baumhöhe ermöglicht. Die Notwendigkeit einer streng horizontalen Visur auf den Fusspunkt des Baumes und sonstige Fehlerquellen beheben jedoch hier den Vorteil der direkten und einfachen Höhenmessung.

§ 19. **Instrumente zur indirekten Messung der Durchmesser.** Die Aufgabe, obere Durchmesser der Baumstämme mit hinreichender Genauigkeit mittelbar zu messen, ist ungleich schwieriger zu lösen, als dies bezüglich der Baumhöhen der Fall ist. Es sollen hier an sich kleine Dimensionen mit verhältnismässig grösserer Genauigkeit, also auf einen möglichst geringen Betrag der absoluten Fehlergrösse gemessen werden, was schon deshalb mit ganz einfachen Instrumenten und speziell ohne Anwendung eines Fernrohres kaum zu erreichen sein wird, weil die oberen Stammdurchmesser in Folge ihrer dunklen Färbung, der rauhen Borke etc. bei der geringen Beleuchtung im geschlossenen Bestande in der Regel nicht scharf genug in's Auge gefasst werden können, und weil die bei einfachen Instrumenten unvermeidlichen Fehler der Einstellung und Ablesung allein schon der geringen zu messenden Grösse gegenüber ein unzulässiges Fehlerprozent ergeben können.

Von den vorbeschriebenen Instrumenten sind die Dendrometer von Winkler und Sanlaville mit einer Vorrichtung zur indirekten Messung der Baumstärken verbunden, welche in beiden Fällen, ebenso wie die Höhenmessung, auf der Bildung ähnlicher Dreiecke, beziehungsweise auf der Proportion beruht, dass der wirkliche Durchmesser zu dem am Instrumente gemessenen scheinbaren Durchmesser sich ebenso verhält wie die zu messende Entfernung des Beobachters vom Stamme zu der bekannten Entfernung der betreffenden Diopter am Instrumente.

Speziell bei Sanlaville's Dendrometer giebt, wenn Ac (Fig. 37) auf das Mass der Distanz AC entweder durch Messung der letzteren oder mittelst des Normalmasses CD eingestellt ist, auch der mittelst eines Diopters eingestellte scheinbare Durchmesser mn das Mass des wirklichen Durchmessers MN, denn aus der Aehnlichkeit der Dreiecke ADC und Adc, AMC und Amc dann AMN und Amn geht hervor: MN : mn = AC : Ac = CD : cd. Das Diopter für die Stärkemessung ist an der am Vertikalstabe verschiebbaren Hülse (vide § 16) angebracht und besteht aus zwei Stahlspitzen, deren eine fix, die andere seitlich verschiebbar ist, und zwischen welche der zu messende Durchmesser scharf eingefasst werden soll. Das Mass der hiezu nötigen Entfernung der beiden Spitzen wird an einem kleinen Massstabe mittelst Nonins gemessen. Nach unsrer Annahme, dass 1 cm der Teilung in der Regel je 1 Meter entsprechen soll, würde jeder Millimeter dieses kleinen Massstabes 0.1 Meter des Durchmessers entsprechen und müsste der Nonius 0.1 Millimeter angeben, um den Durchmesser auf ganze Zentimeter zu erhalten. Für die Stärkemessung würde es aber angezeigt sein, die Schiene Ac auf das 2—3fache der Distanz einzustellen, also auch den Durchmesser in 2—3facher Grösse zu messen.

Fig. 36.



Die Genauigkeit der Nonius-Ablesung ist übrigens für die Messung nur eine scheinbare, da die Unsicherheit der Einstellung der Visur bedeutend grössere Fehler verursacht. Nach der von uns angenommenen Einstellung des Instrumentes = 1 : 100 wird auch ein Fehler der Dioptereinstellung von nur 0.1 Millimeter bereits einen Fehler

von 1 Zentimeter im Durchmesser geben.

Im allgemeinen ist, wenn die Grösse des Einstellungsfehlers = d, die Entfernung der Diopter vom Okular = e und die (schiefe) Entfernung des zu messenden Durchmessers vom Augpunkte = E, der Fehler in der Durchmessermessung $\varphi = \frac{E}{e} d$.

In ähnlicher Weise wie bei dem Sanlaville'schen Dendrometer erfolgt die Durchmessermessung auch bei dem Winkler'schen und mehreren anderen Dendrometern ohne Fernrohr; nur ist die Messung bei dem Winkler'schen Instrumente noch ungenauer wegen der geringen und nicht vergrösserbaren Entfernung des Diopters vom Augpunkte und der zu groben Visiermittel, wodurch allein eine Unsicherheit der Messung von mindestens 2 cm veranlasst wird.

Alle neueren Instrumente, welche zur indirekten Messung von Baumdurchmessern dienen, sind zum Zwecke schärferer Einstellung und Messung mit Fernrohren versehen. Die erste solche Konstruktion ist die des Breymann'schen Universalinstrumentes. Professor Breymann benützte zur Messung von Durchmessern das Prinzip der Messung kleiner Winkel, beziehungsweise ihrer Tangentenwerte, mittelst der Mikrometerschraube. Das Fernrohr (A Fig. 37) dieses mit einem Horizontal- und Höhenkreis zur Winkelmessung versehenen Instrumentes ist in der Horizontalebene mittelst einer Mikrometerschraube seitlich nach rechts und links von der Normalstellung um einen kleinen Winkel verstellbar, so dass die Enden des zu messenden Durchmessers oder auch die Zielscheiben einer horizontal gehaltenen Distanzlatte mit dem Vertikalfaden des Fernrohres eingestellt werden können, wobei die hiezu erforderliche seitliche Bewegung an einer Skala (i) und durch die mit der Mikrometerschraube verbundene Trommel (t) genau gemessen werden kann. Das Instrument kann demnach zugleich zur optischen Distanzmessung dienen. Für diese haben wir schon früher (§ 18) den Ausdruck erhalten: $AD = E = \frac{a}{\operatorname{tg} \beta_1 + \operatorname{tg} \beta_2}$, aus welchem sich nunmehr, da die Tangentenwerte durch die Mikrometerbewegung gemessen werden und dabei eine Konstante (k) des Instrumentes in Rechnung kommt, der Ausdruck $E = \frac{a\,k}{l - r}$ ergibt, wenn mit l und r die Ablesungen an der Mikrometerskala bei der Einstellung auf die linke und rechte Zielscheibe der Distanzlatte bezeichnet werden (dabei vorausgesetzt, dass die letztere in die Horizontalvisur eingestellt wurde). Für die Messung eines in der Horizontalvisur gelegenen Durchmessers ergibt sich umgekehrt, wenn die betreffenden Ablesungen an der Mikrometerskala mit λ und ϱ bezeichnet werden, $D = \frac{E(\lambda - \varrho)}{k}$ und bei höher gelegenen Durchmessern mit Berücksichtigung des Neigungswinkels (φ) der Visur auf denselben $D = \frac{E\,(\lambda - \varrho}{k \cos \varphi}$ oder unter Einsetzung des obigen Wertes für E, $D = \frac{\lambda - \varrho}{l - r} \cdot \frac{a}{\cos \varphi}$, welche Berechnung Breymann durch speziell dafür aufgestellte Tafeln wesentlich erleichtert hat.

37.

Das Breymann'sche Universalinstrument hat trotz der genauen Resultate, die damit erzielt werden können, in die Praxis keinen Eingang gefunden, einerseits des hohen Preises und anderseits der Umständlichkeit des Verfahrens und der Berechnung wegen. Auch besteht bei diesem, sowie bei allen ähnlichen Instrumenten, bei welchen die beiden Enden des Durchmessers nicht gleichzeitig, sondern nacheinander anvisiert werden, die

Gefahr, dass bei seitlicher Bewegung der oberen Stammpartie, wie solche selbst bei geringer Luftströmung stattfindet, sich bedeutende Messungsfehler ergeben.

Von den neueren derartigen Instrumenten, die meist als „Dendrometer“ oder „Baummesser“ bezeichnet werden, seien hier jene von Hofrat Friedrich (Mariabrunn), Mechaniker Starke (Wien), Prof. Dr. Wimmenauer (Giessen) und das vom Verfasser selbst angegebene kurz in Betracht gezogen[20]).

Der Friedrich'sche Baumstärkenmesser beruht auf seitlicher Parallelverschiebung des Fernrohres längs eines Metallcylinders, wodurch das Mass des zu messenden Durchmessers direkt auf diesen Cylinder übertragen wird und an der auf diesem angebrachten Millimeterteilung genau abgelesen werden kann. Die Höhenmessung erfolgt bei diesem Instrumente nach dem Prinzipe des Hossfeld'schen Höhenmessers, doch ist hier die Höhenskala in vertikaler Richtung verschiebbar, so dass der Nullpunkt derselben auf den Fusspunkt des Baumes und dann das Fernrohr ohne weitere Rechnung auf jede beliebige Höhe eingestellt werden kann.

Starke benützt für die Messung der Baumdurchmesser ein Mikrometer-Fernrohr, in dessen Bildebene zwei einander horizontal gegenüberliegende Spitzen sichtbar sind, von welchen die eine fix, die andere mittelst einer Mikrometerschraube verstellbar ist. Diese letztere Spitze wird durch Drehung der Schraube so lange verstellt, bis der zu messende Durchmesser genau zwischen die beiden Spitzen eingefasst ist. Die Zahl der Umdrehungen wird dabei, wie gewöhnlich, an einer Skala und der Trommel des Mikrometers abgelesen und gibt unter Berücksichtigung der Entfernung des Baumes vom Instrumente und der bekannten Konstanten des letzteren ein Mass zur Berechnung des Durchmessers nach der einfachen Formel $d = n\,k\,(E - c)$, worin n die Zahl der Umdrehungen, E die Entfernung des Baumes vom Instrumente, k und c Konstante des Instrumentes bedeuten. Die Höhenmessung erfolgt bei diesem Instrumente in ähnlicher Weise wie bei dem Friedrich'schen.

Der Baummesser von Wimmenauer hat die Gestalt des Weise'schen Höhenmessers; nur ist hier an Stelle des Visierrohres ein Fernrohr verwendet, bei welchem, ähnlich wie beim Starke'schen Dendrometer, zwei durch Mikrometerschrauben verstellbare Stifte zur Einstellung des zu messenden Durchmessers dienen und die Ablesung der in diesem Falle beiderseitigen Umdrehungen ein Mass für den Durchmesser gibt. Durch eine kleine Tafel, welche für die jeweilige schiefe Entfernung des zu messenden Durchmessers vom Instrumente den Faktor angibt, mit dem die Summe der Ablesungen an den Mikrometern zu multiplizieren ist, um den Durchmesser zu erhalten, wird diese Berechnung erleichtert. Zur Bestimmung dieser schiefen Entfernung dient eine an dem als Senkel dienenden Metallstabe angebrachte, der Distanz- und Höhenskala entsprechende Teilung, an welcher E_s sofort abgelesen werden kann, wenn die Distanzskala auf die gemessene Horizontalentfernung eingestellt ist. Das Instrument wird für die Benützung an einem leichten Stativ befestigt[21]).

In dem Fernrohre des nach Angabe des Verfassers von Mechaniker E. Schneider in Wien verfertigten Dendrometers ist in der Bildebene ein auf Glas eingeritzter, mikroskopischer Massstab angebracht, dessen Teilung so ausgeführt ist, dass bei einer Entfernung des Instrumentes von dem zu messenden Objekte von 20 m der Abstand zweier Teilstriche je 1 cm (oder bei 10 m Entfernung je $^1/_2$ cm) entspricht, so dass

---

20) Näheres über diese Instrumente siehe C. f. d. g. F. 1895 Seite 335, Oe. V. f. F. 1896 Seite 242, A. F. u. J. Z. 1898, Aprilheft und in Dr. Müller's Lehrbuch der Holzmesskunde II. Tl.

21) Dieses Instrument ist zu dem verhältnismässig billigen Preise von 75 Mark von Mechaniker Spörhase in Giessen zu beziehen.

bei den genannten Entfernungen die Durchmesser direkt, wie an einem gewöhnlichen Massstabe, abgelesen werden können. Für irgend eine andere Entfernung E ist diese Ablesung mit $\frac{E}{20}$ zu multiplizieren. Mit dem Fernrohre ist ein voller Höhenkreis verbunden, welcher im oberen Drittel mit einer Gradeinteilung bis zu je 60°, im unteren Drittel mit einer diesem entsprechenden Sekantenteilung, rechts und links mit Tangententeilungen für die Elevations- und Depressionswinkel versehen ist.

Die Höhenmessung und Einstellung auf bestimmte Höhen erfolgt also hier auf Grund der abgelesenen oder im letzteren Falle der nach $tg\alpha' = \frac{h' - h_u}{E}$ berechneten Tangentenwerte, wobei in letzterer Formel h' die Höhe, auf welche eingestellt werden soll, h_u die Höhe vom Fusspunkte des Baumes bis zur Horizontalvisur, E die horizontal gemessene Entfernung bedeutet. Die Sekantenteilung dient zur Ermittlung der schiefen Entfernung. E_s aus der gemessenen Horizontalentfernung E nach $E_s = E \sec \alpha$, und bei Aufstellung des Instrumentes in 20 oder 10 m Entfernung vom Baume zur direkten Bestimmung des richtigen Durchmessers (D) aus dem an der Mikrometerteilung abgelesenen scheinbaren Durchmesser D' nach $D = D' \sec \alpha$. Es ist also die Korrektur des abgelesenen Durchmessers einfach nach dem Prozentsatze des für r = 100 angegebenen Sekantenwertes vorzunehmen.

Dieses Instrument gibt zwar zufolge des dabei angewendeten Prinzipes der trigonometrischen Messung die Höhen und Durchmesser nicht direkt, doch sind dieselben bei Anwendung einer Entfernung von 10, 20 oder 25 m zumeist durch eine einfache Kopfrechnung bestimmbar.

§ 20. **Schlussbemerkungen über die indirekte Höhen- und Durchmessermessung.** Hinsichtlich der für die Höhenmessung zu wählenden Distanz gilt allgemein die Regel, dass dieselbe der zu messenden Höhe annähernd gleich sein soll, weil die Fehler in der gemessenen Höhe am geringsten werden, wenn die beiden spitzen Winkel des zu messenden rechtwinkeligen Dreieckes einander gleich, also auch die Seiten desselben gleich sind.

Insbesondere sind zu kurze Distanzen zu vermeiden, weil bei steilen Visuren (bei einem Neigungswinkel über 55°) schon geringe Differenzen des Winkels, beziehungsweise Fehler in der Visur, bereits beträchtliche Fehler im Höhenmasse ergeben. Der Standpunkt ist ferner stets so zu wählen, dass man den Gipfel des Baumes deutlich sieht und insbesondere ist bei Laubhölzern mit abgerundeter Krone darauf zu sehen, dass die Visur wirklich an den Scheitelpunkt des Stammes und nicht tangential an die Krone oder auf einen vorspringenden, oft höher erscheinenden Ast geführt wird, in welchen Fällen man die Höhe stets zu gross erhalten würde. Bei stark geneigtem Terrain ist der Standpunkt stets oberhalb des Stammes zu nehmen, weil man dann die Gipfel leichter übersieht und bei kürzerer Basis eine gute Messung erhält; auch sind, wenn zugleich ein oberer Durchmesser oder der Richtpunkt gemessen werden soll, diese von einem erhöhten Standpunkte aus leichter zu beurteilen und zu messen.

Für die Durchmessermessung ist es dagegen vorteilhafter, möglichst kurze Distanzen zu wählen (nicht weiter, als dass man die betreffende Stammpartie noch deutlich erblicken kann), da hier der Fehler mit der Entfernung des Beobachters wächst. Es wird sich häufig als zweckmässig erweisen, für die Höhenmessung eine Basis von 20—30 Meter, für die Messung eines oberen Durchmessers aber eine solche von 10 bis 15 Meter zu nehmen.

Bei Anwendung von Instrumenten, bei welchen die Basis in Rechnung kommt,

(Pressler's Messknecht, Spiegeldiopter u. dgl.) wählt man, um die Rechnung zu vereinfachen, gerne eine runde Zahl von Metern (20, 25, 30 etc.) als Standlinie, die man daher in diesem Falle vor der Aufstellung vom Stamme aus misst. Die Entfernung vom Standpunkte zum Stamm ist stets horizontal und bis zur Stammmitte zu messen.

Bei der Messung stehender Bäume können folgende Aufgaben mittelst eines Instrumentes auszuführen sein:

1. Die Messung der Gesamt- oder einer beliebigen Höhe;
2. Das Aufsuchen bestimmter Höhen oder die Zerlegung des Schaftes in eine Anzahl gleicher Teile;
3. Das Messen von Durchmessern an beliebiger Stelle;
4. Das Aufsuchen bestimmter Durchmesser am Stamme.

Ein vollständiges Dendrometer soll daher die Ausführung aller dieser Messungen in einfacher und leichter Weise gestatten; die Genauigkeit soll hiebei bei der Höhenmessung je nach Umständen auf 0.1 bis 0.5 Meter, bei der Durchmessermessung mindestens auf 1 cm gesichert sein.

ad 1. Diese Aufgabe wird von den meisten der von uns aufgeführten Instrumente in einfacher und hinreichend genauer Weise gelöst — viele Instrumente stellen sich überhaupt nur diese Aufgabe. Eine direkte Ablesung der Gesamthöhe geben das Dendrometer von Sanlaville und Pfisters Höhenspiegel; durch einfache Rechnung erhält man sie bei den Höhenmessern von Faustmann und Weise, bei Presslers Messknecht und dem Spiegel-Diopter; eine logarithmische Berechnung oder spezielle Tafeln erfordern das Breymann'sche Universalinstrument und sonstige gewöhnliche Winkelinstrumente. Da es stets erwünscht ist, die Resultate ohne grössere Rechnung oder besondere Tafeln zu erhalten, so ist für Baumhöhenmesser stets die Tangententeilung der Gradteilung vorzuziehen.

Hinsichtlich der Dimensionen jener Instrumente, welche die Höhe geometrisch messen, verhalten sich jene von Sanlaville und Hossfeld am günstigsten, das Winkler-sche dagegen am ungünstigsten.

Für eine Entfernung E = 20 Meter ist e (die der Distanz entsprechende Seite des Dreieckes am Instrumente) bei Sanlaville 20—25 cm, bei Faustmann (bei Stellung auf 100) $12^1/_2$ cm, bei Weise (Stellung auf 40) 10 cm, bei Winkler nur 4—5 cm. In demselben Masse, als diese Dimension am Instrumente kleiner wird, nimmt auch die Leichtigkeit und Genauigkeit der Ablesung ab. Es ist dabei jedoch nicht zu übersehen, dass die beiden Instrumente von Sanlaville und Hossfeld eines Statives bedürfen, während die übrigen aus freier Hand gebraucht werden können.

ad 2. Das Aufsuchen bestimmter Höhen kommt in Anwendung, wenn die Durchmesser an bestimmten Stellen, z. B. bei $^1/_3$, $^1/_2$ u. s. w. der Gesamthöhe zu messen sind, dann auch bei der Auswahl von Stämmen, welche bestimmten Dimensionen entsprechen sollen.

Am einfachsten und leichtesten erfolgt dies mit dem Sanlaville'schen und dem Friedrich'schen Dendrometer, mit ganz kurzer Rechnung aus freier Hand bei Faustmanns Spiegelhypsometer und dem Spiegeldiopter, unter Anwendung eines Stativs beim Messknecht und Weise's Höhenmesser, dann bei den Baummessern von Wimmenauer und v. Guttenberg; am umständlichsten (durch vorherige Berechnung der betreffenden Neigungswinkel) bei Instrumenten mit gewöhnlichem Höhenkreise (Breymanns Universalinstrument).

ad 3 und 4. Die Messung von Durchmessern in beliebiger Höhe und das Aufsuchen bestimmter Durchmesser am Stamme kann, wie aus dem Vorstehenden hervorgeht, nur mit Fernrohrinstrumenten in hinreichend genauer Weise bewerkstelligt und kann die erstere Aufgabe mit allen den oben genannten Instrumenten in befriedigender

Weise gelöst werden[22]). Für das Aufsuchen bestimmter Durchmesser am Stamme sind die Baummesser von Starke, Wimmenauer und v. Guttenberg geeignet, allerdings nur nach vorherigem Abschätzen der betreffenden Stelle, um aus dem gemessenen Neigungswinkel, beziehungsweise der abgelesenen schiefen Entfernung oder Sekantenwerte, die Grösse des am Instrumente einzustellenden, dem ersteren entsprechenden scheinbaren Durchmessers zu bestimmen.

Alle vier bezeichneten Aufgaben eines vollständigen Baummessers sind in einfachster Weise und direkt mit dem Dendrometer von Sanlaville lösbar; aber hinsichtlich der Durchmessermessung nicht mit genügender Genauigkeit und für die Höhenmessung gegenüber den aus freier Hand zu benützenden Höhenmessern von Faustmann und Weise, dem Messknecht und dem Spiegeldiopter umständlicher wegen des dabei erforderlichen Stativs. Mit den genannten Instrumenten mit Fernrohren können gleichfalls alle vier Aufgaben, jedoch zumeist nur indirekt und mit Zuhilfenahme kleiner Rechnungen oder Tafeln, zum Teile (wie beim Friedrich'schen bezüglich des Aufsuchens eines bestimmten Durchmessers) nur versuchsweise gelöst werden. Für eine genauere Ausführung der Aufgaben 2., 3. und 4. werden stets nur Instrumente mit Stativ zu verwenden sein.

B. Methoden zur Massenbestimmung stehender Bäume.

§ 21. Okularschätzung. Die blosse Schätzung der Holzmasse stehender Bäume nach dem Augenmasse erfordert unter allen Umständen eine nur durch vielfache Uebung und scharfe Beobachtung zu erlangende Geschicklichkeit in der Beurteilung und im Anschätzen der für den Inhalt massgebenden Dimensionen; sie kann entweder durch direktes Anschätzen der Masse nach Festmeter oder Raummeter, oder indirekt durch das Anschätzen der die Masse bestimmenden Faktoren (Höhe, Grundzahl, Formzahl) erfolgen. Die erstere Methode erfordert eine reiche Erfahrung über das wirkliche Ergebnis der Messung oder Aufarbeitung einzelner Bäume, welche Erfahrung in der Regel nur den direkt damit beschäftigten Personen, (Holzarbeitern, Förstern etc. in ausreichendem Masse zur Verfügung steht, und andererseits auch nur unter den gewohnten oder ähnlichen Bestandesverhältnissen einige Sicherheit im Anschätzen gewährt, während beim Uebergang in eine andere Holzart oder andere Wachstumsverhältnisse bedeutende Fehler eintreten können. Die zweite Methode ist nur eine rohe Ausführung des im folgenden zu schildernden Verfahrens der Massenbestimmung nach Formzahlen, indem dabei an Stelle des Messens der massgebenden Dimensionen, deren Schätzung nach dem Augenmasse tritt. Für den Taxator wird diese zweite Methode in der Regel gegenüber ersteren vorzuziehen sein, da das Anschätzen der Faktoren immer noch bessere Resultate giebt als die summarische Einschätzung, und die dafür nötige Uebung und Gewandtheit in der Schätzung von Höhen und Stärken (eventuell auch Formzahlen) auch sonst für den Forstwirt immerhin von Wert ist. Aus den schätzungsweise erhobenen Dimensionen wird die Masse des Baumes selbst entweder direkt beurteilt oder mit Hilfe von Tafeln (Walzentafeln), wie solche gegenwärtig in jedem Forstkalender enthalten sind, bestimmt.

Von der Okularschätzung wurde früher sehr ausgedehnter Gebrauch gemacht und galt eine entsprechende Gewandtheit darin als erstes Erfordernis eines guten Taxators.

---

22) Bei einer durch Forstrat Schiffel (Marienbrunn) ausgeführten Prüfung der genannten Instrumente ergaben nebst dem Dendrometer von Friedrich auch jene von Starke und v. Guttenberg sehr gute, aber auch noch der Baummesser von Wimmenauer ganz befriedigende Resultate.

Heute setzen die zur Verfügung stehenden Hilfsmittel uns in die Lage, an Stelle der blossen Schätzung lieber ein einfaches, aber doch möglichst sicheres Messen treten zu lassen. Jede Schätzung ist von individueller Anlage und Auffassung abhängig und einer Kontrolle unzugänglich; die Resultate derselben bleiben stets unsicher und sind grössere Fehler selbst bei guten Taxatorn nicht ausgeschlossen, wenn es sich um ungewöhnliche Bestandesverhältnisse oder um abnorme Stammformen handelt, für welche der gewöhnliche Vergleichsmassstab fehlt.

§ 22. Stammkubierung nach Massentafeln. Da die Okularschätzung hauptsächlich auf der Erfahrung über den Inhalt von Bäumen bestimmter Höhe und Stärke bei einer speziellen Holzart beruht, und dabei besonders der Nachteil sich geltend macht, dass jeder Einzelne sich diese Erfahrung erst wieder neuerdings sammeln muss, so liegt es nahe, diese Massenbestimmung dadurch sicherer zu gestalten, dass man solche Erfahrungszahlen durch besondere Untersuchungen in grosser Anzahl sammelt und aus denselben die Mittelwerte des Inhaltes für alle Abstufungen der Höhe und Grundstärke berechnet.

Auf solche Weise zusammengestellte Tafeln über den erfahrungsmässigen durchschnittlichen Inhalt einzelner Stämme von bestimmter Höhe und Grundstärke nennen wir Massentafeln. Schon aus diesem Prinzipe ihrer Zusammenstellung aus Mittelwerten einer grossen Zahl von Einzelerhebungen geht hervor, dass dieselben mehr für die Massenschätzung ganzer Bestände, also wieder einer grössern Zahl von Stämmen, als für die Kubierung einzelner Stämme geeignet sind; da eine grössere Zahl von Stämmen wohl diesem Mittelwert wieder ziemlich nahe kommen wird, die einzelnen Stämme für sich aber von demselben beträchtlich differieren können.

Die Anwendung solcher Tafeln wird namentlich für letzteren Zweck um so unsicherer sein, je ungleichartigeres Material in den einzelnen Mittelwerten zusammengefasst ist, und es müssen somit die Erhebungen sowie die Ansätze der Tafeln selbst nach allen auf die Formausbildung der Stämme wesentlich Einfluss nehmenden Voraussetzungen, also nach Holzart, nach Altersstufen, nach besonderen Wachstumsverhältnissen oder Betriebsformen (z. B. Mittelwald-Oberhölzer gegenüber den Stämmen des Hochwaldbetriebes) geschieden werden.

Auch sind bestimmte Angaben darüber erforderlich, ob, oder inwieweit auch das Astholz in die Holzmasse mit einbezogen wurde (das Stockholz wird stets ausser Betracht gelassen), in welcher Höhe die Grundstärken gemessen wurden und welche Abhiebshöhe (Stockhöhe) bei der Aufarbeitung und Messung der Stämme eingehalten worden ist, da die Inhaltsangaben der Tafel eben nur wieder für die gleiche Messungsweise Geltung haben.

Die ältesten auf einem ausreichenden Untersuchungsmateriale beruhenden derartigen Tafeln sind die bayerischen Massentafeln, welche von der kgl. bayerischen Staatsforstverwaltung im Jahre 1846 unter dem Titel „Massentafeln zur Bestimmung des Inhaltes der vorzüglichsten deutschen Waldbäume" herausgegeben wurden. Dieselben beruhen auf der genauen Messung von mehr als 40,000 Stämmen und geben für die Holzarten: Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche, Eiche, Buche und Birke die Stamminhalte nach zwei Altersstufen (bis 90 und über 90jährig) bei einer Messhöhe von $4^1/_2$ Fuss = 1.3 Meter, und zwar für die Nadelhölzer excl. der Kiefer ohne Aeste, für die Laubhölzer und Kiefern einschliesslich des Astholzes bis zu 1 Zoll Stärke.

Seitdem sind solche Massentafeln von den forstlichen Versuchsanstalten bearbeitet und herausgegeben worden, u. zw. für die Fichte von Baur, für die Kiefer von Schwappach, für die Weisstanne von Schuberg, für die Buche von Grund-

ner, für die Schwarzkiefer von K. Böhmerle[23]).

Die Anwendung der Massentafeln ist sehr einfach; man hat die Baumhöhe vom Abhiebe bis zum Scheitel, dann die Grundstärke bei 1.3 Meter Höhe zu messen, die Altersstufe einzuschätzen und den Inhalt aus der Tafel für die betreffende Holzart, Altersstufe etc. zu entnehmen. So geben die unten bezeichneten Hilfstafeln z. B. für haubare Stämme von 30 m Höhe und 40 cm Grundstärke für Fichte 1.71 fm, für die Tanne 1.94 fm Derbholzmasse, für die Kiefer 1.85 fm und für die Buche 2.19 fm Holzmasse einschliesslich des Astholzes (Baummasse).

So wie bei den bayerischen Massentafeln sind auch bei allen oben genannten neueren derartigen Tafeln die Masseninhalte ausser nach den Stammhöhen und Grundstärken nur nach 2 oder 3 Altersstufen (bei einigen derselben auch nach Wachstumsgebieten) unterschieden; es ist also innerhalb dieser Grenzen eine hinreichend übereinstimmende Formausbildung der Baumschäfte angenommen, um für dieselben praktisch verwendbare Durchschnittswerte bilden zu können.

Bei der ausserordentlich mannigfaltigen Formausbildung der Baumschäfte und dem grossen Einflusse des lichteren oder dichteren Standes derselben im Bestande ist von vornherein anzunehmen, dass innerhalb jener Altersstufen für Stämme gleicher Grundstärke und Höhe noch bedeutende Unterschiede des Massengehaltes, welche auch thatsächlich bis zu 20 % reichen, gegeben sein können, daher die Verwendung solcher Tafeln für die Inhaltsbestimmung von Einzelstämmen unsicher sein wird. Um nun die Anwendbarkeit dieser Tafeln auch auf Einzelstämme zu erhöhen und gleichzeitig in denselben Anhaltspunkte für die Beurteilung der Sortimentsergebnisse zu geben, sind von der österreichischen forstlichen Versuchsanstalt solche Formzahlen- und Massentafeln für die Fichte durch Forstrat A. Schiffel[24]) ausgearbeitet worden, bei welchen das Verhältnis des Durchmessers in der Stammmitte zu jenem in der gewöhnlichen Messhöhe (1.3 m vom Boden) als für die Formausbildung des Schaftes charakteristisch angenommen und daher als Eingang in die Tafeln (nebst der Höhe und Grundstärke) verwendet wird[25]). Die Anwendung dieser Tafeln erfordert daher nebst der Messung der Grundstärke und Höhe auch jene des Durchmessers in der Stammmitte, beziehungsweise die Feststellung des sogenannten „Formquotienten“ $\frac{\delta}{d}$.

§ 23. **Formzahlen; Begriff und Arten derselben.** Soll aus den gemessenen Grössen der Grundstärke (bez. Grundfläche) und Höhe eines Stammes, dessen Kubikinhalt ohne Zuhilfenahme von Massentafeln bestimmt werden, so bedarf man noch eines dritten Faktors, welcher das Verhältnis des wirklichen Stamminhaltes zu dem jenen beiden Grössen entsprechenden Walzeninhalt angibt und diesen dritten oder Reduktionsfaktor nennen wir die Formzahl. Die Formzahl ist daher nichts anderes als das Verhältnis des wirklichen Stamm- (oder Baum-) Inhaltes zum Inhalte einer Walze von gleicher Grundfläche und Höhe. Für die Berechnung nach Formzahlen gelten demnach die beiden Formeln

$$v = ghf \text{ und } f = \frac{v}{gh} = \frac{v}{w},$$

d. h. man erhält den Stamminhalt, wenn man den Inhalt der Walze gh mit der betreffenden Formzahl multipliziert, und man erhält umgekehrt die Formzahl eines Stammes, wenn man dessen (etwa sektionsweise erhobenen) Masseninhalt durch den Inhalt

---

23) Eine für die Praxis sehr bequeme Zusammenstellung dieser Massentafeln bieten die vom Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten herausgegebenen „Hilfstafeln zur Gehaltsbestimmung von Bäumen und Beständen der Hauptholzarten“, Berlin, P. Parey, 1898.

24) „Form und Inhalt der Fichte“, M. a. d. f. V. Oe. XXIV. Heft, Wien 1899.

25) Das Verhältnis irgend eines oberen Durchmessers zur Grundstärke wurde bereits von Breymann, speziell jenes des Durchmessers in der Stammmitte zu letzterem von Strzelecki, Nossek und Kunze zur Feststellung der Formzahl empfohlen und angewendet.

einer Walze von gleicher Grundfläche und Höhe dividiert.

Je nachdem nun der Inhalt des Baumschaftes allein, oder dieser samt der Astmasse, oder letztere allein mit dem Walzeninhalte verglichen werden soll, unterscheidet man Schaft- Baum- und Astformzahlen; ebenso geben Derbholz- und Wurzelformzahlen speziell den Inhalt an Derbholz (an Holz von über 7 cm Stärke) bezw. an Wurzelholz im Verhältnisse zu der der Grundstärke und Gesamthöhe des Baumes entsprechenden Walze an[26]).

Eine weitere Verschiedenheit der Formzahlen ergibt sich aus der verschiedenen Messhöhe, in welcher die Grundfläche genommen wird. Eine Messung der eigentlichen Stammgrundfläche am Fusse des Stammes wäre nicht nur unbequem, sondern auch wegen der unregelmässigen Form an den Wurzeleingängen untunlich; — man misst daher die Grundflächen, bez. Durchmesser in einer Höhe, die bequem zugänglich ist und bei welcher auch die Querschnitte bereits regelmässiger geformt sind. Am meisten ist die Messung in der Brusthöhe des Stammes, als welche gegenwärtig die Höhe von 1.3 m einheitlich fixiert ist, üblich, und man erhält damit, indem man den Inhalt des ganzen Stammes mit jenem der Walze von gleicher Grundfläche und der Gesamthöhe (vom Abhiebspunkte an) vergleicht, die sog. Brusthöhen- oder unächten Formzahlen.

Als unächte hat Pressler diese Formzahlen bezeichnet, weil sie nicht nur von der Form oder Vollholzigkeit sondern auch von der Höhe des Stammes abhängig sind, so dass Stämme von gleicher Form aber verschiedener Höhe verschiedene Formzahlen haben und zwar um so kleinere, je höher der Stamm ist.

Es ist klar, dass z. B. die Reduktionszahl eines Kegels gegenüber der an irgend einem Querschnitte durchgelegten Walze von gleicher Höhe um so grösser wird, je höher dieser Querschnitt am Kegel hinaufrückt. Bei konstanter Masshöhe und veränderlicher Gesamthöhe rückt aber die erstere verhältnismässig um so höher hinauf, je geringer die Gesamthöhe ist.

Dieser Umstand bedingt ein grosses Schwanken der Brusthöhenformzahlen und macht dieselben ungeeignet zu einer Uebersicht über die Vollholzigkeitsverhältnisse, insbesondere zur Vergleichung der Formverhältnisse bei zunehmendem Alter des Stammes (des Formzuwachses); es wurde daher schon von Smalian der Vorschlag gemacht und später insbesondere von Pressler wieder befürwortet, die Grundstärken nicht in konstanter Höhe sondern in einer je der Gesamtlänge des Baumes entsprechenden Höhe (z. B. in je $^1/_{10}$ oder $^1/_{20}$ der Gesamthöhe) zu messen. Damit wird der Einfluss der Höhe beseitigt und erhalten Stämme von gleicher Form auch stets die gleiche Formzahl[27]). Diese Formzahlen werden nach Pressler als ächte Formzahlen bezeichnet; durch ihre Unabhängigkeit von der Höhe wird die Uebersicht über die Höhe und die Grenzen der Formzahlen erleichtert und eine Vergleichung der Vollholzigkeit der Stämme bei verschiedenem Alter ermöglicht. Trotz dieses Vorzuges werden diese ächten Formzahlen kaum einmal ausgedehntere Anwendung finden, weil es bei der Aufnahme ganzer Bestände ausgeschlossen ist, jeden Stamm in je $^1/_{20}$ seiner Höhe zu messen, und weil auch bei der Feststellung der Formzahlen, beziehungsweise

---

26) Als Formzahlen (oder besser Vollholzigkeitszahlen, weil auch diese nicht die Form, sondern nur die Vollholzigkeit des Schaftes oder Baumes zum Ausdruck bringen), können nur die Reduktionszahlen für den Schaft oder den ganzen Baum bezeichnet werden; bei allen übrigen fehlt zum Vergleiche mit der Walze gh die naturgemässe Grundlage und können dieselben durch die erfahrungsmässigen Prozentsätze des Derb- und Reisholzes oder der Ast- und Stockholzmasse ersetzt werden.

27) Es wäre jedoch unrichtig, daraus den umgekehrten Schluss zu ziehen, dass gleichen Formzahlen auch stets gleiche Stammformen entsprechen; es können vielmehr zahlreiche sehr verschiedene Stammformen ein und dieselbe Formzahl ergeben.

Formverhältnisse eines Stammes in verschiedenen Altern (im Wege der sog. Stammanalyse) von einem bestimmten Querschnitte (am besten von jenem bei 1.3 m) ausgegangen werden muss.

Es liegt daher, um den Einfluss der Höhe und zugleich jenen des unregelmässigen untersten Stammteiles auf die Formzahlen zu beseitigen, nahe, diese nur auf den oberhalb jener Messhöhe gelegenen Stammteil zu beziehen, also den Inhalt des letzteren mit dem Inhalt einer Walze von tatsächlich gleicher Grundfläche und Höhe zu vergleichen. Man bezeichnet diese Formzahlen als Grundflächen- oder nach dem Vorschlage Rinikers, welcher sie zuerst angewendet hat[28]), als absolute Formzahlen. Bei der Anwendung dieser Formzahlen müsste das unter der Messstelle befindliche Stammstück für sich, am besten aus der Mittenstärke desselben, also nach der Formel $g_{1/2}l$ kubiert werden, was ohne Schwierigkeit und mit sehr geringem Zeitaufwand ausführbar ist.

Für die bekannten Grundformen des Kegels, Paraboloides und Neiloides würden sich folgende Formzahlen nach den verschiedenen Systemen ergeben:

Die Grundflächen- oder absolute Formzahl ist bekanntlich für den Kegel 0,333, für das Paraboloid 0.50, für das Neiloid 0.25.

Die ächte Formzahl bei Messung von g in $^1/_{20}$ der Höhe wäre für den Kegel 0.369, für das Paraboloid 0.526 und für das Neiloid 0.292.

Die Brusthöhenformzahl (für m = 1.3 m) ist

bei einer Höhe des Stammes von	5	10	20	30	40 Meter
für den Kegel	0.610	0.445	0.381	0.364	0.356
für das Paraboloid	0.675	0.575	0.535	0.522	0.517

Schon diese letzte Zusammenstellung zeigt, dass der Einfluss der Höhe auf die Brusthöhenformzahl bei geringen Stammhöhen ein sehr bedeutender, bei grösseren Stammhöhen (etwa von 25 m aufwärts) aber nur mehr ein geringer ist (so würde bei Abrundung auf zwei Dezimalen die Formzahl sowohl beim Kegel als auch beim Paraboloid für Stämme von 30 bis 40 Meter Höhe dieselbe sein); damit erhält auch die von der Praxis bevorzugte Anwendung der Brusthöhenformzahl speziell in angehend haubaren und haubaren Beständen ihre Berechtigung.

§ 24. **Stammkubierung nach Formzahlen.** Bei der Stammkubierung nach Formzahlen können diese entweder eingeschätzt oder auch aus Formzahltafeln entnommen werden. Die Schätzung der Formzahlen erfordert Erfahrung über die Höhe derselben bei bestimmten Holzarten und Stammformen, welche Erfahrung und Uebung im Einschätzen am besten durch vorherige Schätzung an stehenden Stämmen und nachfolgende Berechnung der Formzahl durch genaue Kubierung des liegenden Stammes erworben werden kann.

Bei der Formzahleinschätzung ist nicht nur die Form des oberen Schaftteils, sondern insbesondere auch die Form des Stammes unmittelbar ober der Messstelle zu beachten, da eine geringe oder rasche Durchmesserabnahme an dieser Stelle die Formzahl sehr wesentlich beeinflusst. Erschwert wird die Schätzung durch das bedeutende Ueberwiegen der Längendimensionen, wodurch die Stammform weniger zum Ausdruck kommt (sehr hohe Stämme erscheinen bei gleicher Stammform vollholziger als kurzschäftige), dann durch den Einfluss des bei älteren Stämmen oft über die Messstelle hinaufreichenden Wurzelanlaufes; — immerhin ist die Schätzung der Formzahlen bei einiger Uebung bedeutend sicherer als die direkte Anschätzung der Holzmasse.

Das Schwanken der Formzahlen ist innerhalb bestimmter Bestandesverhältnisse und Altersgrenzen keineswegs ein so bedeutendes, als vielfach angenommen wird; — so schwanken z. B. die Brusthöhen-Schaftformzahlen angehend haubarer oder haubarer Fichten in der Regel zwischen 0.45 und 0.50, die Baumformzahlen eben solcher Buchen etwa zwischen 0.55 und 0.62.

---

28) Hans Riniker „Ueber Baumform und Bestandesmasse". Aarau 1873.

Auch hier wird übrigens die Massenbestimmung wesentlich leichter und sicherer durch die Anwendung von Formzahltafeln, welche, ebenso wie die Massentafeln, aus den Mittelwerten möglichst umfangreicher Einzelerhebungen der Formzahlen für alle Holzarten und Bestandesverhältnisse zusammengestellt werden[29]).

Die Formzahltafeln geben entweder nur die durchschnittlichen Formzahlen für bestimmte Holzarten, Altersstufen, Stammhöhen etc. allein an, in welchem Falle sie ebenso wie die Massentafeln besser für die Massenerhebung ganzer Bestände als für die Kubierung einzelner Stämme geeignet sind, oder sie stellen nach den aus den Erhebungen sich ergebenden Grenzen der Formalzahlwerte mehrere Formklassen auf, in welche dann der zu kubierende Stamm je nach den die Stammform bedingenden Verhältnissen (hoher oder niederer Kronenansatz, starke oder schwache Beastung etc.) einzureihen ist. Die Einschätzung der Formklassen wird bei manchen Tafeln noch erleichtert durch eine allgemeine Charakteristik der den einzelnen Klassen entsprechenden Verhältnisse. Am meisten dürfte es entsprechen, wenn in den Formzahltafeln nebst den berechneten und zu einer gesetzmässigen Reihe ausgeglichenen Mittelwerten auch die noch häufiger vorkommenden Maxima und Minima als Grenzwerte angegeben werden, da die Bildung von Zwischenstufen zwischen diesen drei Formzahlwerten füglich dem Taxator überlassen bleiben kann.

Gute Formzahltafeln werden allgemein als einer der wichtigsten Behelfe für die Baum- und Bestandesschätzung anerkannt und ist auch die Tätigkeit aller forstlichen Versuchsanstalten den zur Aufstellung solcher Tafeln erforderlichen Erhebungen zugewendet.

Auf Grund solcher neueren Erhebungen wurden bereits Formzahltafeln für die Fichte und Buche von Prof. Dr. Baur[30]), für die Fichte und Kiefer von Prof. Kunze[31]) und für die Weisstanne von Prof. Dr. Lorey[32]) veröffentlicht; ebenso sind in den in § 22 genannten neueren Massentafeln durchwegs auch Formzahlen-Uebersichten enthalten und bietet die genannte Schrift Schiffels über „Form und Inhalt der Fichte“ eine sehr vollständige und gut anwendbare Formzahlentafel für diese Holzart, ferner enthalten die meisten forstlichen Hilfstafelwerke sowie die Forstkalender auch Formzahltafeln, deren Einrichtung, namentlich bei den älteren Tafeln, eine sehr verschiedene ist, indem selbe je nach Umständen nach Alters-, Bonitäts- oder Formklassen, nach Höhen- oder Durchmesser-Abstufungen, oder auch nach mehreren dieser Unterscheidungen zugleich angeordnet sind. Die Formausbildung und damit auch die Formzahl der Stämme einer bestimmten Holzart wird eben durch das Alter, den Standort und die Schlussverhältnisse des Bestandes wesentlich beeinflusst; dieselben Umstände gelangen aber teilweise auch in der Höhe und dem Verhältnisse zwischen Höhe und Grundstärke der Stämme zum Ausdrucke und können daher durch diese charakterisiert werden.

Die neueren Formzahltafeln der deutschen forstlichen Versuchsanstalten sind zumeist nach Höhen- und Durchmesserstufen und ausserdem nach mehreren Altersklassen geordnet, wogegen bei jener von Schiffel hauptsächlich der Formquotient $\frac{\delta}{d}$ als Eingang benutzt ist, wobei zur annähernden Feststellung dieses Quotienten anstatt der

---

29) Auch bei der Aufstellung von Massentafeln werden übrigens in der Regel zuerst die Formzahlen berechnet und zusammengestellt, weil diese eine leichtere Uebersicht und Ausgleichung gestatten, als die Massen selbst. Formzahl- und Massentafeln haben demnach ganz die gleiche Grundlage.

30) Die Fichte, Berlin 1877; die Rotbuche, Berlin 1881.

31) Supplemente zum Tharander forstl. Jahrbuche II. Bd. 1. u. 2. Heft.

32) Ertragstafeln für die Weisstanne. Frankfurt a. M. 1884.

Messung von δ auch das Verhältnis der Kronenlänge zur Höhe des Stammes, also eine leicht festzustellende Verhältniszahl, dienen kann.

Formzahltafeln, welche nur nach Höhen oder Altersstufen u. dgl. allein für die einzelnen Holzarten geordnet sind, können nicht genügen, da sie den sonst auf die Schaftausformung einflussnehmenden Umständen nicht genügend Rechnung tragen können.

Für die Kubierung von Einzelstämmen haben die Formzahltafeln vor den Massentafeln den Vorzug einer gedrängteren und übersichtlicheren Anordnung, dann die Möglichkeit einer feineren Abstufung nach Formklassen voraus, daher damit der individuellen Formausbildung des einzelnen Stammes mehr Rechnung getragen werden kann, als dies bei den Durchschnittszahlen der Massentafeln möglich ist. Dagegen geben die Massentafeln den Stamminhalt direkt an, während er im anderen Falle erst durch Aufsuchen des Walzeninhaltes (in einer Walzentafel) und Multiplikation desselben mit der Formzahl gefunden wird. Uebrigens kann jede Massentafel durch Berechnung und Zusammenstellung der darin enthaltenen Formzahlen auch in eine übersichtlichere Formzahltafel verwandelt werden, wie dies z. B. auch Pressler bezüglich der bayerischen Massentafeln ausgeführt hat[33]).

§ 25. **Stammkubierung nach der Richthöhe.** Dieses einfache und in seinen Resultaten im allgemeinen sehr befriedigende Verfahren wurde durch Pressler in die Holzmesskunde eingeführt. Dasselbe benutzt zur Bestimmung der Holzmasse stehender Stämme nebst der Grundstärke anstatt der Totalhöhe jene Höhe des Stammes, bei welcher der Durchmesser die Hälfte der Grundstärke beträgt, welche Höhe Pressler als Richthöhe bezeichnet.

Er ging dabei von der Erfahrung aus, dass es entschieden leichter ist, die Hälfte einer gegebenen Dimension nach dem Augenmasse oder mit einem einfachen Instrumente zu bestimmen, als einen oberen Durchmesser nach seiner absoluten Grösse zu messen, sowie von der Voraussetzung, dass die Lage jenes Punktes, wo der Durchmesser noch die Hälfte der Grundstärke hat (des Richtpunktes), für die Vollholzigkeit und somit für den Inhalt des Stammes massgebend sei, da auch die einfachen Kegelformen aus dieser Richthöhe und der Grundstärke kubiert werden können.

Bei dem geradseitigen Kegel ist die Hälfte des untern Durchmessers bei der halben Gesamthöhe h gegeben, daher ist hier, wenn wir die Grundfläche mit g und die Entfernung des Richtpunktes von g (die Richtpunktshöhe) mit r bezeichnen, $r = \frac{h}{2}$, und da $v = {}^1/_3\, gh$, auch $v = {}^1/_3\, g2r = \frac{2}{3}\, gr$.

Beim Paraboloid ist bekanntlich die Hälfte des untern Durchmessers bei ${}^1/_4\, h$ von der Spitze an gegeben, also $r = {}^3/_4\, h$; und da $v = \frac{1}{2}\, gh$ auch $v = {}^1/_2\, g \frac{4}{3} r = \frac{2}{3}\, gr$, wie früher.

Beim Neiloid besteht das Verhältnis

$$d^2 : \left(\frac{d}{2}\right)^2 = h^3 : (h - r)^3$$

und hieraus $h - r = \frac{h}{\sqrt[3]{4}} = 0.63\, h$, oder $r = 0{,}37\, h$ und $h = 2{,}70\, r$;

$$\text{somit } v = \tfrac{1}{4}\, gh = \tfrac{1}{4}\, g\,.\, 2.7\, r = 0.675\, gr = \tfrac{2}{3}\, gr \times 1.013,$$

also um 1.3 Prozent grösser als ${}^2/_3\, gr$.

Es werden somit der Kegel und das Paraboloid genau, das Neiloid aber sehr nahe richtig nach der Formel $v = {}^2/_3\, gr$ kubiert.

33) Siehe Forstliches Hilfsbuch Tafel 15.

Diese Kubierung bezieht sich jedoch nur auf den oberhalb der Grundstärkenmesshöhe m gelegenen Stammteil; um auch das untere Stammstück in die Rechnung gleich einzubeziehen, betrachtet Pressler dasselbe zunächst als eine Walze von der gleichen Grundfläche g und der Höhe m; es wäre dann der Gesamtinhalt $v = \frac{2}{3} gr + gm = {}^2/_3 g (r + \frac{3}{2} m)$, oder, wenn wir die Höhe $r + m$ d. i. die Entfernung des Richtpunktes vom Boden als Richthöhe R bezeichnen, $v = {}^2/_3 g \left(R + \frac{m}{2}\right)$. Es ist also die gemessene Richthöhe noch um die halbe Messhöhe zu vermehren und ist dann die Grundfläche mit $^2/_3$ dieser korrigierten Richthöhe zu multiplizieren, um den Stamminhalt zu erhalten.

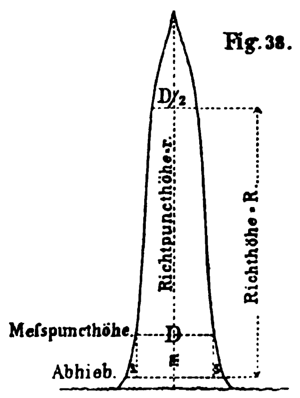


Fig. 38.

Auch bei dieser Berechnung bleibt noch jener Teil des Stammfusses unberücksichtigt, welcher ausserhalb der Walze gm liegt, welchen Teil Pressler als Schenkelholz (s) bezeichnet und für dessen Einbeziehung in die Inhaltsberechnung er noch eine weitere Korrektur der obigen Formel angegeben hat.

Für die meisten Fälle der Praxis kann jedoch das Schenkelholz vernachlässigt und somit der Stamminhalt nach der einfachen Formel $v = {}^2/_3 g \left(R + \frac{m}{2}\right)$ berechnet werden.

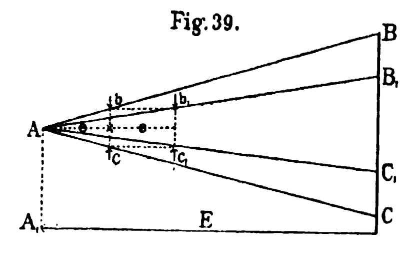
Um die Berechnung zu ersparen, hat Pressler in seinem forstl. Hilfsbuch eine eigene Tafel der Stamminhalte nach Grundstärke und Richthöhe aufgenommen (Tafel 13); übrigens kann hiezu auch jede Tafel der vielfachen Kreisflächen (Walzentafel) angewendet werden.

Für die Kubierung eines Stammes nach der Richthöhe ist zunächst die Grundstärke und zwar möglichst ober dem Wurzelanlaufe, also eventuell auch höher als bei 1.3 Meter genau zu messen, dann von entsprechender Entfernung aus, nachdem man diese Grundstärke scharf in's Auge gefasst, jener Punkt am Stamme aufzusuchen, wo der Durchmesser eben noch halb so gross ist als erstere, und dann die Höhe dieses Punktes über dem Abhiebe mit dem Messkneeht oder einem sonstigen Höhenmesser zu messen. Leichter ist es in der Regel, wenn man nach dem Vorschlag Pressler's anstatt direkt den Richtpunkt selbst, vielmehr zunächst jene Stammpartie aufsucht, in welcher die Durchmesser dem $d/2$ nahe kommen, unterhalb welcher sie kleiner werden als $d/2$. Diese meist leicht erkenntliche Stammpartie nennt Pressler die Richtpunktszone, und ist der Richtpunkt selbst dann in der Mitte derselben anzunehmen.

Um das Aufsuchen des Richtpunktes leichter und sicherer zu machen, als dies besonders dem Ungeübten mit freiem Auge möglich ist, empfiehlt Pressler noch die Anwendung eines kleinen Instrumentes, welches er als Richtrohr bezeichnet. Es ist dies ein Visierrohr aus Pappe, welches durch mehrere Auszüge auf verschiedene Längen gestellt werden kann. An dem offenen Objektiv-Ende stehen sich zwei durch die Seitenwände des Rohres verschiebbare Stifte gegenüber, mit deren Spitzen die scheinbare Grösse eines beliebigen Stammdurchmessers scharf eingefasst werden kann.

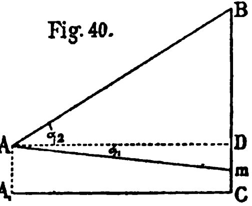
Wird nun bei kurz gestelltem Rohre von entsprechender Entfernung aus die Grundstärke eines Stammes zwischen die Visierspitzen eingestellt, dann das Rohr durch die Auszüge auf das Doppelte der früheren Entfernung des Okulares von den Stiften gestellt, so giebt die unveränderte Stellung der Visierspitzen bei gleicher Entfernung die Hälfte des früheren Durchmessers an und kann also dieser Durchmesser $d/_2$, d. i. die Stelle des Richtpunktes am Stamme mittelst des Rohres aufgesucht werden.

Hat man (Fig. 39) bei einem Abstande e des Okulars A von den Visierstiften die Spitzen der letzteren bc auf die Dimension BC eingestellt, dann das Visierrohr auf die doppelte Länge 2e gebracht, so giebt die nunmehrige Visur über $b_1 c_1 = bc$ die Grösse $B_1 C_1 = \frac{1}{2} BC$, weil



$$BC : E = bc : e$$
$$B_1C_1 : E = b_1 c_1 : 2e \text{ und daraus, weil}$$
$$bc = b_1 c_1,\ B_1C_1 : BC = 1 : 2.$$

Das Einstellen des Rohres auf die Entfernung e und 2e erfolgt mittelst der an den Auszügen angebrachten Masse.



Wir haben oben angenommen, dass die Entfernung E bei den beiden Visuren auf BC und B_1C_1 unverändert bleibt; beim Aufsuchen des Richtpunktes R wird jedoch dieser zumeist vom Auge des Beobachters weiter entfernt sein als der Messpunkt der Grundstärke m, und zwar ist, wenn α_1 und α_2 die Neigungswinkel der beiden Visuren sind, $Am = AD \sec \alpha_1$ und $AB = AD \sec \alpha_2$; es muss also die Einstellung des Richtrohres bei der Visur auf B noch in dem Masse verlängert werden, als die Entfernung AB gegen die Entfernung Am grösser ist, d. h. in dem Masse des Wertes der $\sec \alpha_2$ gegen $\sec \alpha_1$. Zu diesem Zwecke ist an den Auszugrohren eine Sekanten-Skala angebracht, deren Teile sich auf den Wert $2e = 100$ oder $e = 50$ beziehen.

Man misst also nach vorläufiger Schätzung der Richthöhe die Winkel α_1 und α_2, für welche Pressler's Messknecht sofort die Sekantenwerte für $r = 100$ angibt, stellt das Rohr für die Visur auf die Grundstärke auf die Marke $50 + \frac{1}{2} \sec. \alpha_1$, fasst bei dieser Stellung die Grundstärke zwischen die Visierspitzen und erhält sodann nach Verlängerung des Rohres auf die Marke $100 + \sec \alpha_2$ in dem Punkte des Stammes, wo die Visierspitzen den Durchmesser scharf einfassen, den gesuchten Richtpunkt. Sollte der so gefundene Richtpunkt von dem früher geschätzten beträchtlich differieren, so wäre die Messung von $\sec \alpha_2$ nach dem letztgefundenen Punkte zu berichtigen und darnach das Verfahren zu wiederholen.

Bei grosser Einfachheit und Schnelligkeit des Verfahrens gewährt die Richthöhenmethode für die Kubierung von Einzelstämmen in den meisten Fällen zuverlässigere Resultate als die Anwendung von Massen- oder Formzahltafeln. Es wird dabei jeder Stamm nach seiner individuellen Form und nicht nach Durchschnittsziffern kubiert und es werden alle für die Kubierung nötigen Grössen gemessen und nicht, wie die Formzahlen, bloss eingeschätzt. Etwaige Fehler in der Bestimmung von $d/2$, beziehungsweise in der Bestimmung des Richtpunktes, kommen nicht als Fehler der Durchmessermessung, sondern nur als Längenmessungsfehler in Rechnung, da die Messung oder Schätzung dieser Oberstärke nur indirekt zur Bestimmung der Richthöhe dient.

Gut anwendbar ist das Verfahren zumeist namentlich bei den Nadelhölzern mit ihren meist bis oben deutlich sichtbaren Schäften, aber auch in gut geschlossenen Laubholzbeständen mit mehr astfreien, geraden Stammschäften; Schwierigkeiten bereiten dagegen zuweilen stärkere Astpartien in der Richtpunktszone, dann die bereits unter dieser Zone in mehrere Hauptäste geteilten Stämme; auf frei erwachsene Laubholzstämme mit ganz unregelmässiger Schaft- und Kronenbildung ist sie überhaupt nicht mehr anwendbar.

Die vorhin gegebene Ableitung der Richthöhenformel aus den Verhältnissen des Kegels, Paraboloides und Neiloides bietet übrigens nur eine gewisse Wahrscheinlichkeit,

aber keinen Beweis dafür, dass das Verfahren auch bei den wirklichen Stammformen zutreffende Resultate gebe. Der Beweis hiefür kann nur durch vielfache Vergleiche der Ergebnisse dieses Verfahrens mit jenen der genauen Stammkubierung erbracht werden. Solche Vergleiche wurden auch bereits mehrfach angestellt[34]) und ergaben dieselben zumeist sehr befriedigende Resultate; so z. B. fand Täger bei Untersuchung von 49 Nadelholz-Stämmen im ganzen zu viel um 0.64 Prozent und bei 14 Buchen zu wenig um 0.87 Prozent, während im einzelnen die grössten Fehler 5—7 Prozent betrugen.

Pressler hat auch vorgeschlagen, die Lage des Richtpunktes zur Einschätzung der Formzahl zu benutzen, worüber näheres in dessen forstl. Hilfsbuch im Texte zu Tafel 14 enthalten ist. Da $v = ghf$ und andererseits auch $v = {}^2/_3\, gR$ ist, so ist auch $f = \frac{2}{3}\,\frac{R}{h}$; man kann also die Formzahl berechnen, wenn man R und h misst und die doppelte (korrigierte) Richthöhe durch die dreifache Gesamthöhe dividiert oder bei Benützung einer Tangententeilung (Pressler's Messknecht) auch direkt aus den Tangentenwerten für R und h nach $f = \frac{2\ \text{tang}\ R}{3\ \text{tang}\ h}$.

§ 26. **Stammkubierung mit Hilfe indirekt gemessener oberer Durchmesser.** Werden mit einem der in § 19 genannten Instrumente obere Durchmesser am stehenden Stamme gemessen, so kann deren Verwendung in zweierlei Weise stattfinden; entweder indem das Verhältnis eines oder mehrerer oberer Durchmesser zur Grundstärke als Eingang in eine dementsprechend eingerichtete Massentafel oder zur Bestimmung der Formzahl benützt wird, oder zur direkten Bestimmung des Stamminhaltes aus den den gemessenen Durchmessern entsprechenden Querflächen.

Schon Breymann hat die Messung oberer Durchmesser mit seinem Instrumente dazu benützt, um damit die Formzahl zu bestimmen und ist dabei von der Gleichung $y_2 = px^m$ als jener der Schaftkurve ausgegangen. Nachdem jedoch diese Gleichung der Form der Baumschäfte als Ganzes nicht entspricht, indem der sogenannte „Formexponent" in den verschiedenen Teilen desselben Stammes mehrfach wechselt, so können auch die Resultate dieser Berechnung im Verhältnisse zur Umständlichkeit des Verfahrens nicht genügend genau sein. Für die Zukunft scheint die von Direktor Strzelecki zuerst vorgeschlagene, dann von Prof. Nossek und insbesonders von Prof. Dr. Kunze weiter ausgebildete Benützung des Formquotienten $\delta : d$ (Durchmesser in der Stammmitte: Grundstärke) am meisten Aussicht auf allgemeinere Anwendung für eine genauere Kubierung stehender Stämme, als dies bisher mit den Massen- und Formzahltafeln möglich ist, zu haben; schon deshalb, weil die Einstellung auf die halbe Stammhöhe bei den meisten Instrumenten leicht ausführbar und weil der Durchmesser in der Stammmitte sowohl für die Vollholzigkeit als auch für den Wert des Stammes ein massgebender ist. Kunze[35]) geht dabei von der Gleichung für die Schaftformzahl aus: $f_s = \frac{\delta}{d} - c$, und man kann aus den von ihm aus zahlreichen Erhebungen berechneten Werten dieser von dem ermittelten Formquotienten abzuziehenden Grösse c für die gewöhnliche Praxis ausreichend genau feststellen:

für die Fichte bei einer Höhe von $10—16^m$, $17—29^m$, $30—45^m$
ist $c = 0.20$ 0.21 0.22;

34) Näheres hierüber sowie über die Anwendbarkeit der Richthöhenmethoden überhaupt siehe bei Kunze, Lehrbuch der Holzmesskunst Seite 140, dann 157 u. ff.

35) Dr. Kunze, „Neue Methode zur raschen Berechnung der unächten Schaftformzahlen für Fichte und Kiefer". Dresden 1891.

für die Kiefer bei einer Höhe von 12—15^m, 16—19^m, 20—28^m, 29—34^m
ist c = 0.18, 0.19 0.20 0.21.

Werden mehrere obere Durchmesser gemessen, so wäre die Berechnung der Formzahl daraus ein unnötiger Umweg; es wird sich vielmehr empfehlen, dieselben direkt zur Berechnung des Stamminhaltes zu verwenden. Hiezu könnten von den früher abgeleiteten allgemeinen Kubierungsformeln hauptsächlich jene von Rieke, $v = \frac{h}{6}(g_u + 4g_{1/2})$ und von Simony, $v - \frac{h}{3}[2(g_{1/4} + g_{3/4}) - g_{1/2}]$, in Betracht kommen; die Praxis wird es aber vorziehen, alle betreffenden Querflächen positiv und möglichst gleichwertig in Rechnung zu nehmen. Solche Formeln erhalten wir, wenn wir den Stamm in zwei oder drei Sektionen teilen und die einzelnen Sektionen nach den einfachen Formeln von Smalian oder Huber berechnen. Werden die Durchmesser bei $^1/_4$, $^1/_2$ und $^3/_4$ der Höhe gemessen, so ergibt sich mit Anwendung der Smalianschen Formel, da $g_0 = o$, $v = \frac{h}{4}\left(\frac{g_u}{2} + g_{1/4} + g_{1/2} + g_{3/4}\right)$[36], für die Messung der Durchmesser in $^1/_6$, $^1/_2$ und $^5/_6$ der Höhe aus der Huber'schen Formel $v = \frac{h}{3}(g_{1/6} + g_{1/2} + g_{5/6})$.

Die für diesen Zweck wiederholt empfohlene Formel von Hossfeld: $v = {}^3/_4 g_{1/3} . h$, kann, da sie nur eine einzige, noch dazu indirekt gemessene Querfläche enthält, bei grösserer Umständlichkeit der Messung des betreffenden Durchmessers kaum eine grössere Genauigkeit als die Kubierung mittelst Formzahlen oder nach der Richthöhe ergeben. Für die direkte und genauere Kubierung wird man stets mindestens 2 bis 3 obere Durchmesser messen, als Eingang in eine Massentafel oder zur Bestimmung der Formzahl wird aber die Bestimmung eines Formquotienten durch Messung eines oberen Durchmessers genügen[37].

§ 27. **Bestimmung der Ast- und Stockholzmassen.** Von den in den vorigen §§ behandelten Methoden zur Ermittelung der Holzmasse stehender Stämme machen die meisten eine gesonderte Bestimmung der Astmasse nötig, da dieselben meist nur den Inhalt des Schaftes allein angeben Für diese Bestimmung der Astmasse wäre eine spezielle Messung schon mit Rücksicht auf den meist geringeren Wert des Astholzes zu umständlich und es werden daher in der Regel hiefür Erfahrungszahlen benützt, welche die Astmasse für bestimmte Verhältnisse in Prozenten des Stamminhaltes angeben. Allgemeine Durchschnittszahlen würden aber auch hier für den Einzelfall und selbst für ganze Bestände nicht wohl anwendbar sein, indem die Astmasse, selbst bei der gleichen Holzart, je nach der Kronenentwickelung (tiefer oder hoher Kronenansatz, breit ausgelegte oder durch Nebenstämme eingeengte Beastung etc.) sehr erheblich differiert. Gedrängt erwachsene Stämme haben eine geringe, ganz frei erwachsene dagegen in der Regel eine verhältnismässig sehr bedeutende Astmasse. (So kann z. B. die Astmasse von Eichen oder Buchen, welche im geschlossenen Bestande etwa 15% und in lichteren Beständen bis zu 30% beträgt, bei einzelnen freistehenden Stämmen bis zu 60% des Schaftinhaltes hinaufgehen.)

---

36) Für g_u wäre in dieser Formel die eigentliche untere Querfläche (am Stockabhiebe) zu nehmen; es dürfte jedoch, da die Smalian'sche Formel ohnedies für den unteren Stammteil einen zu grossen Inhalt ergibt und diese Querfläche auch nur zur Hälfte in Rechnung kommt, für die Praxis ohne weiteres zulässig sein, statt g_u die in der Höhe von 1.3 m gemessene Querfläche g_m in Rechnung zu stellen.

37) Schiffel führt in seiner vorerwähnten Schrift „Form und Inhalt der Fichte" allerdings drei Formquotienten, nämlich ausser $q_2 = \delta : d$ noch $q_1 = d_{1/4} : d$ und $q_3 = d_{3/4} : d$ ein; es ist jedoch einerseits q_3 von q_2 und andererseits q_1 von q_2 und h hinreichend genau abhängig, um aus diesen beiden Grössen bestimmt werden zu können, so dass auch hier nur der Durchmesser δ in der Stammmitte gemessen zu werden braucht.

Pressler[38]) nimmt an, dass sich das Prozent der Astmasse am sichersten nach der Höhe des Kronenansatzes am Stamme beurteilen lasse und hat hienach eine Tafel der Astmassenprozente für die wichtigsten Holzarten und für eine Höhe des Kronenansatzes von 0.2 bis 0.9 H aufgestellt[39]), welche auch in die meisten übrigen forstlichen Hilfstüfeln übergegangen ist[40]).

In ähnlicher Weise hat Kunze für die Fichte und Kiefer an einer grossen Zahl von Stämmen die Astmassenprozente erhoben, deren Mittelwerte wir als Beispiel hier anführen:

Höhe des Kronenansatzes:	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8 H
Astmassenprozente der Fichte	30	25	18	14	9
„ der Kiefer	41	32	25	—	—

Diese Zahlen, sowie die Pressler's, gelten übrigens nur für Stämme von voll ausgebildeter Krone; für Stämme mit beschränkter und schwacher Beastung müssten dieselben beträchtlich reduziert werden[41]).

Ebenso wie die Astmasse wird auch die aus dem Stock- und Wurzelholze zu gewinnende Masse nach den erfahrungsmässigen Ergebnissen im Prozentsatze der oberirdischen Holzmasse eingeschätzt. Die Höhe dieses Prozentsatzes ist wesentlich von der Art und der Sorgfalt der Gewinnung des Stock- und Wurzelholzes (ob Rodung oder Auskesselung etc.), von der Abhiebshöhe, der Stärke und insbesondere auch von der Höhe des betreffenden Bestandes abhängig. Auch hiefür enthalten die meisten Hilfstafeln, Forstkalender etc. die entsprechenden Erfahrungszahlen. Im grossen Durchschnitte kann die Stock- und Wurzelholzmasse bei sorgfältiger Ausnützung auf 15 bis 25 Prozent der oberirdischen Holzmasse veranschlagt werden.

III. Ermittelung der Holzmasse ganzer Bestände.

§ 28. Allgmeine Grundsätze und Uebersicht der Verfahren. Jeder Bestand besteht aus einer mehr oder minder grossen Anzahl von Einzelstämmen und es wäre daher das weitestgehende und genaueste Verfahren, jeden Einzelstamm zu kubieren und aus der Summe ihrer Holzgehalte die Holzmasse des ganzen Bestandes zu bilden.

Dieses Verfahren kann jedoch seiner Umständlichkeit wegen nur dann Anwendung finden, wenn die Zahl der Stämme keine allzugrosse ist und zugleich der Zweck der Massenaufnahme die grösstmögliche Genauigkeit fordert. In allen anderen Fällen wird es unsere Aufgabe sein, jene Bedingungen aufzufinden, unter welchen auf kürzerem Wege die für den speziellen Zweck erforderliche Genauigkeit der Massenaufnahme erzielt werden kann.

38) Siehe dessen „Gesetz der Stammbildung“ S. 105.

39) Forstl. Hilfsbuch, Tafel 12.

40) Es sei hier bemerkt, dass für eine richtige Beurteilung des Astmassenprozentes nebst der Höhe des Kronenansatzes auch die Stärke der Krone — etwa ausgedrückt durch das Verhältnis des Kronendurchmessers zum Stammdurchmesser — berücksichtigt werden müsste.

41) Ich selbst erhielt speziell für die Fichte in geschlossenen Beständen bei einer grossen Zahl von Erhebungen nur ganz geringe Astmassenprozente, wobei allerdings die Zweige von weniger als 1 cm Mittenstärke, als nicht verwertbar, von mir vernachlässigt wurden, während obige Zahlen die gesamte Astmasse inkl. der Nadeln enthalten. Ich erhielt bei haubaren Fichten aus gut geschlossenen Beständen nur $2^1/_2$—4 Prozent, bei dominierenden Stämmen oder lichterem Stande 4—6 Prozent und selbst bei stark beasteten Stämmen der Hochlage höchstens 6—12 Prozent Astmasse. Bei der Buche erhielt ich in geschlossenen haubaren Beständen an den Einzelstämmen 5—15 Prozent, im Durchschnitte 10—12 Prozent; in lichteren Beständen dagegen 10—25 Prozent Astmasse der Einzelstämme und für den ganzen Bestand 15—18 Prozent.

Da nun in demselben Bestande Stämme von gleicher Grundstärke und Höhe voraussichtlich auch in ihrer Formzahl und somit auch in ihrer Holzmasse nicht erheblich differieren werden, so liegt es nahe, statt der Kubierung aller Stämme vielmehr für solche Gruppen derselben, welche in der Grundstärke und Höhe übereinstimmen, Repräsentanten zu wählen und zu kubieren und von dem Gehalte dieser auf den Gehalt der ganzen Gruppen zu schliessen. Diese gewählten Repräsentanten heisst man Modellstämme oder Probestämme.

Wären in den Beständen alle Stämme bezüglich ihrer Stärke, Höhe und Form gleich entwickelt, so würde es sogar genügen, nur einen einzigen oder wenige beliebige Stämme zu kubieren und deren durchschnittlichen Massengehalt mit der (durch Abzählung zu bestimmenden) Stammzahl zu multiplizieren. Es wäre also in diesem Falle stets die Masse des Bestandes $M = m\,N$, worin m die Holzmasse eines beliebigen Stammes und N die Stammzahl des ganzen Bestandes. In Wirklichkeit besteht aber eine solche gleichmässige Entwicklung der einzelnen Stämme im Bestande nicht, vielmehr sind meist sehr beträchtliche Unterschiede, entweder vorwiegend nur in der Stärke oder auch in der Stärke und Höhe der Stämme und damit voraussichtlich auch in der Formzahl gegeben, doch kann der Bestand in Gruppen (beziehungsweise kleine Bestände) von gleicher Stärke und Höhe zerlegt werden, und es gilt dann für jede solche Gruppe die oben aufgestellte Beziehung $M = m\,N$ (Aufnahme nach Stärke- oder Höhenstufen). Anderseits können aber auch die Bedingungen aufgesucht werden, unter welchen auch im ungleichmässigen Bestande ein bestimmter Stamm bezüglich seiner Holzmasse als Repräsentant aller Stämme angesehen werden kann, welcher Stamm somit der durchschnittlichen Holzmasse aller Stämme $m = \frac{M}{N}$ entsprechen müsste. Solche Stämme, welche den mittleren Massengehalt aller Stämme eines Bestandes (oder auch einer bestimmten Stammklasse) repräsentieren, heissen Bestandes- (oder Klassen-) Mittelstämme und das betreffende Verfahren die „Aufnahme nach Mittelstämmen“.

Die Bedingungen, unter welchen solche Mittelstämme für ganze Bestände zuverlässig gefunden werden könnten, sind jedoch nicht immer gegeben, anderseits ist die Wahl und Aufnahme spezieller Repräsentanten für alle Stärke- und Höhenabstufungen für viele Fälle noch immer zu umständlich und zeitraubend und es kann daher zwischen diesen beiden Verfahren der Mittelweg eingeschlagen werden, dass man mehrere Stärke- oder Höhenstufen in grössere Gruppen (Stärke- oder Höhenklassen) vereinigt, also den Bestand nur in wenige solche Gruppen zerlegt, und für jeden derselben rechnungsmässig die Mittelstämme (in diesem Falle Klassenmittelstämme) bestimmt (Verfahren nach Stärke- oder Höhenklassen).

Neben der Auffassung der Bestandesmasse als Produkt aus der Stammzahl in die Masse eines (idealen) Mittelstammes kann dieselbe auch — analog der Kubierung des Einzelstammes aus $m = g\,.\,h\,.\,f$ — als das Produkt der Gesamt-Stammgrundfläche aller Stämme (G) in die durchschnittliche Höhe (H) und die durchschnittliche Formzahl (F) des Bestandes, oder auch — analog der Stammkubierung nach Richthöhe — als das Produkt der obigen Stammgrundflächensumme in $^2/_3$ der durchschnittlichen Bestandesrichthöhe (R) betrachtet werden.

Es ergeben sich daher für verschiedene Arten der Bestandesaufnahme folgende charakteristische Formeln:

1. $M = m\,N$ (Aufnahme nach Mittelstämmen),
2. $M = G\,H\,F$ (Aufnahme nach Formzahlen),
3. $M = {}^2/_3\,G\,R$ (Aufnahme nach der Bestandes-Richthöhe).

Im ersten Falle müssen die Modellstämme der Bedingung $m = \frac{M}{N}$, im zweiten Falle der Bedingung $h f = H F$ entsprechen, d. h. dieselben müssen im Falle 1. die mittlere Masse aller Stämme, im Falle 2. aber nur die mittlere Höhe und Formzahl des Bestandes oder jener Stammgruppen haben, als deren Repräsentanten sie dienen. Es ist naheliegend, dass der letzteren Bedingung leichter zu entsprechen ist, als der ersteren. Die Anwendung der dritten Formel setzt voraus, dass entweder die durchschnittliche Bestandes-Richthöhe als solche direkt angesprochen und gemessen werden kann, oder dass die zu dieser Messung gewählten Modellstämme diese durchschnittliche Richthöhe des Bestandes oder der betreffenden Stammgruppe besitzen. Von den Faktoren G, H und F der Bestandesmasse nach Formel 2. ist nur der Faktor G im Bestande direkt gegeben und (durch Abmass der Grundstärken aller Stämme in bestimmter Höhe) auch ohne weiteres messbar; die beiden übrigen Faktoren H und F sind ideell als die Durchschnittshöhe und Durchschnittsformzahl des ganzen Bestandes zu denken und sollen ihre Werte möglichst annähernd richtig an den Probestämmen erhoben werden.

Für die Bestandesaufnahme nach den Methoden 2 und 3 ist die Aufnahme der Gesamt-Stammgrundfläche G als eines wesentlichen Faktors der Bestandesmasse unerlässlich, aber auch für die unter Formel 1. subsumierten Verfahren würde das blosse Abzählen der Stämme nicht ausreichen, sondern müssen gleichfalls die Grundstärken aller Stämme gemessen werden, sowohl um die Zahl der in eine Stärkestufe fallenden Stämme zu erhalten, als auch zum Zwecke der Bestimmung des Mittelstammes des Bestandes oder einzelner Stärkeklassen. Selbst bei sehr gleichmässigen Beständen ist die Abmessung der Grundstärken aller Stämme der blossen Auszählung schon deshalb vorzuziehen, weil erstere nur einen sehr geringen Mehraufwand an Zeit gegen letztere erfordert. *Es ist demnach die Abmessung der Grundstärke aller Einzelstämme und die Bestimmung der Stammgrundflächensumme des Bestandes hieraus allen bisher betrachteten Verfahren der Bestandesaufnahme gemeinsam.*

Um nun für jene Verfahren, welche für die Bestandesaufnahme von der ermittelten Holzmasse der Modellstämme ausgehen, sowohl diese als auch die Gesamt-Stammgrundfläche G des Bestandes direkt in Rechnung zu nehmen, können wir die Formel 1. durch eine andere, aus 2. abgeleitete Formel ersetzen.

Da $M = G H F$ und $m = g h f$, so verhält sich $M : m = G H F : g h f$
und, wenn $H F = h f$, auch $M : m = G : g$; somit ist auch

$$4.\ M = m \frac{G}{g},$$

in welcher Formel M und G die Masse und Grundflächensumme eines ganzen Bestandes oder einer Stammklasse, m und g die Holzmasse und Grundfläche nur eines oder auch mehrerer Modellstämme zusammen sein kann; immer vorausgesetzt, dass das $h f$ der letzteren auch dem $H F$ des ganzen Bestandes oder der betreffenden Stammklasse entspricht.

Die Anwendung dieser Formel 4. hat vor jener der Formel 1. den Vorzug, dass der wichtige Faktor G direkt in Rechnung genommen wird, und dass die Modellstämme nur die durchschnittliche Höhe und Formzahl, nicht aber die durchschnittliche Stammmasse des Bestandes oder der betreffenden Stammklasse zu repräsentieren haben, also nicht Mittelstämme im strengen Sinne des Wortes zu sein brauchen. *Nach Aufnahme der Gesamt-Stammgrundfläche muss also unser Bestreben dahin gerichtet sein, durch die Verteilung und Wahl der Modell-*

stämme der mittleren Höhe und Formzahl des Bestandes möglichst nahe zu kommen.

Bezüglich der Verteilung der Modellstämme können diese auf die einzelnen Stärkestufen oder Stärke- (bezw. Höhen-)klassen, wo solche gebildet werden, entweder gleichmässig oder nach einem bestimmten Verhältnisse verteilt werden; — für die Bestimmung ihres Massengehaltes werden die Modellstämme zumeist *gefällt* und entweder im ganzen auf ihren Festgehalt bemessen, oder in Sortimente aufgearbeitet und die Masse nach den verschiedenen Sortimentsmassen ermittelt; seltener wird von der Kubierung derselben *im Stehenden* Gebrauch gemacht.

Der Bestandesaufnahme nach Probestämmen steht *die Aufnahme mit Hilfe von Massen- oder Formzahltafeln* gegenüber, bei welcher nach Messung der Grundstärken und Höhen entweder die durchschnittlichen Stammmassen der einzelnen Stärkestufen einer Massentafel, oder die Formzahlen derselben einer Formzahltafel entnommen werden.

Liegt hierin eine wesentliche Vereinfachung in der Bestimmung der Masse oder Formzahl des Durchschnittsstammes, so kann anderseits auch die Erhebung des Faktors G in ausgedehnten, gleichmässigen Beständen dadurch vereinfacht werden, dass die Grundstärkenmessung aller Stämme nicht für den ganzen Bestand, sondern nur für einen Teil desselben (eine speziell abgesteckte *Probefläche*) erfolgt und man von der Stammgrundfläche dieses Teiles auf jene des ganzen Bestandes nach dem Verhältnisse der Flächen beider schliesst. Es wird also bei allen auf der Messung der Stammstärken, beziehungsweise der Stammgrundflächen, beruhenden Methoden vorerst die Frage zu erledigen sein, ob diese für den ganzen Bestand oder nur auf einer Probefläche desselben stattfinden soll.

Endlich können wir bei der Bestandesaufnahme, ebenso wie bei der Massenermittlung einzelner Stämme, die blosse *Schätzung* an Stelle der Messung treten lassen und uns dabei entweder der blossen Okularschätzung, oder gewisser Anhaltspunkte aus früheren Erhebungen (Lokalbestandestafeln), oder allgemeiner Erfahrungszahlen über die Masse ganzer Bestände (Ertragstafeln) bedienen. Besonders die letzteren Schätzungen beruhen auf dem Vergleiche des gegebenen Bestandes mit anderen, nach ihrer Masse bereits aufgenommenen Beständen, und werden daher als *Aufnahmen nach Vergleichsgrössen* bezeichnet.

Wir können hienach folgende Uebersicht der Methoden für die Bestandesaufnahme aufstellen:

- I. Bestandesaufnahme durch Messung.
  - A. Aufnahme des ganzen Bestandes.
  - B. Aufnahme nach Probeflächen.
    - 1. mit Probestämmen.
      - a. nach Mittelstämmen.
      - b. nach Stärke oder Höhenklassen.
      - c. nach Stärkestufen.
        - ad b und c. Die Anzahl der Modellstämme in den einzelnen Klassen oder Stufen:
          - α) beliebig,
          - β) nach Verhältnis der Stammzahlen.
          - γ) nach Verhältnis der Stammgrundflächen.
    - 2. nach der Bestandesrichthöhe.
    - 3. nach Massen- oder Formzahltafeln.
- II. Bestandes-Schätzung.
  - 1. Stammweise Abschätzung.
    - a. des ganzen Bestandes.
    - b. nach Probeflächen.
  - 2. Okularschätzung der Bestandesmasse.
    - a. nach der Masse pro Hektar.
    - b. nach der Gesamtmasse.
  - 3. Schätzung nach Vergleichsgrössen.
    - a. nach Lokalbestandestafeln.
    - b. nach allgemeinen Ertragstafeln.

§ 29. Wahl zwischen der Aufnahme des ganzen Bestandes oder nach Probeflächen. Bei der Entscheidung der Frage, ob und in welchen Fällen die Aufnahme nach Probeflächen zulässig oder vielleicht sogar gegenüber der Aufnahme des ganzen Bestandes vorzuziehen sei, sind zu beachten:

1. der Zweck der Aufnahme und der hienach anzustrebende Genauigkeitsgrad,
2. die Grösse und Beschaffenheit des Bestandes,
3. in gewissem Sinne auch die Terrainverhältnisse.

ad 1. Nicht alle Holzmassenaufnahmen im Bestande haben den Zweck, die Holzmasse des ganzen Bestandes zu bestimmen, sondern es liegt nicht selten hiebei die Absicht vor, die in gewissen Beständen auf der Flächeneinheit vorhandene Holzmasse genau kennen zu lernen; so bei allen Massenaufnahmen für Ertragstafeln, dann bei Bestandesaufnahmen, welche zugleich für die Aufstellung von Lokalbestandestafeln, für die Bestimmung der Standortsgüte u. dgl. dienen sollen. Bei solchen Aufnahmen nun, deren Zweck ausschliesslich oder vorwaltend in der Ermittelung der Bestandesmasse pro Hektar besteht, ist die Aufnahme nach besonders hiefür ausgewählten und speziell vermessenen Probeflächen vorzuziehen, da ganze Bestände selten die dem Zwecke vollkommen entsprechende Beschaffenheit haben, und auch die Fläche derselben nicht immer in der hiefür erforderlichen Genauigkeit gegeben ist.

Für die Ermittelung der Holzmasse eines ganzen Bestandes bietet selbstverständlich die Erhebung der gesamten Stammgrundfläche desselben eine grössere Genauigkeit als ihre bloss partielle Ermittelung an einer Probefläche, und es ist daher, wenn der Zweck dieser Ermittelung die möglichste Genauigkeit fordert (wie z. B. bei Aufnahmen für den Verkauf), jedenfalls die Auskluppierung des ganzen Bestandes angezeigt.

Im übrigen ist zu erwägen, dass bei allen Massenerhebungen im Bestande nur eine beschränkte Genauigkeit erreichbar ist, indem selbst bei genauester Erhebung des Faktors G die weiteren Faktoren H und F stets nur annähernd (zur wirklichen Durchschnittsgrösse HF des Bestandes) erhoben werden können, dass ferner die vollständige Auskluppierung ausgedehnter Bestände, wie solche zumeist für die Zwecke der Betriebseinrichtung in Frage kommt, stets einen sehr bedeutenden Zeitaufwand erfordert, und dass demnach eine nur partielle Aufnahme der Grundflächen namentlich dann gerechtfertigt sein wird, wenn die Verhältnisse die vollständige Aufnahme erschweren und anderseits einen Schluss vom Teil auf das Ganze ohne allzugrossen Fehler ermöglichen.

ad 2. Der Natur der Sache nach kann die Aufnahme nach Probeflächen nur bei Beständen in Frage kommen, welche wenigstens insoweit gleichmässig sind, dass es möglich ist, sich das durchschnittliche Bild des ganzen Bestandes zu bilden und einzelne Bestandespartien als diesem Durchschnitte entsprechend zu erkennen. Auch wird man Probeflächen nur dann aufnehmen, wenn damit gegen die Aufnahme des ganzen Bestandes wesentlich an Zeit gespart wird, wobei der zum Aufsuchen und Abstecken der Probefläche erforderliche Zeitaufwand in Betracht zu ziehen ist, welcher bei dichtem Bestande oder starkem Unterwuchse bedeutend sein kann. Bei kleineren Beständen würde daher, da auch der Probebestand nicht unter ein gewisses Mass der Fläche herabgehen soll, durch die Aufnahme eines solchen gar kein Vorteil erzielt werden. Ebenso sind sehr lichte Bestände, ganz abgesehen von ihrer Grösse, nicht zur Aufnahme nach Probeflächen geeignet, weil die Auszählung solcher an sich weniger Zeit erfordert und anderseits die Probefläche sehr gross genommen werden müsste, um einen ausreichenden Anhalt für den Durchschnitt des ganzen Bestandes zu erhalten.

Es ist demnach in folgenden drei Fällen die Bestandesaufnahme mittelst Probeflächen ganz zu vermeiden:

a. in ungleichmässigen Beständen mit in den einzelnen Bestandespartien sehr wechselnder Bestockungsdichte oder Stammstärke;

b. bei kleineren Beständen bis zu etwa $1^1/_2$—2 Hektar Grösse;

c. in sehr lichten Beständen (Lichtschläge, Oberholz des Mittelwaldes, Altholz des Plänterwaldes etc.).

Dagegen kann, wenn es sich um die Massenaufnahme in jüngeren Beständen oder im Ausschlagwalde mit oft 3000—5000 und mehr Stämmen pro Hektar handelt, von der Auskluppierung grösserer Flächen keine Rede sein und werden daher hier stets Probeflächen angewendet, wenn man es nicht vorzieht, die Holzmasse solcher Flächen nach Vergleichsgrössen zu bestimmen.

ad 3. Die Terrainverhältnisse haben auf die ausgedehntere oder beschränktere Anwendung von Probeflächen insofern Einfluss, als bei günstigen Terrainverhältnissen auch die vollständige Aufnahme vieler und grosser Bestände (z. B. aller haubaren und angehend haubaren Bestände eines Reviers für die Betriebseinrichtung) keiner besondern Schwierigkeit unterliegt und daher hier jedenfalls in Frage kommen kann, wogegen bei sehr steilen Lehnen, felsigem oder gerölligem Boden, wie sie im Hochgebirge gleichwohl oft den Standort schöner Bestände bilden, die vollständige Auskluppierung grösserer Bestände sehr mühevoll und zeitraubend und somit im Verhältnis zu der schliesslich doch nur in geringerem Masse erreichbaren Genauigkeit auch zu kostspielig sein würde, daher hier die Anwendung von Probeflächen umsomehr berechtigt ist, als gerade in solchen Gebirgsforsten nicht selten ganze Lehnen von hundert und mehr Hektar Ausdehnung mit gleichmässigen Beständen bestockt sind[42]).

Die Aufnahme nach Probeflächen setzt die Kenntnis der Gesamtfläche des Bestandes voraus, sowie auch die Fläche des Probebestandes selbst erhoben werden muss, um nach dem Verhältnisse dieser beiden Flächen von der auf der Probefläche vorgefundenen Stammgrundfläche beziehungsweise Holzmasse auf jene des ganzen Bestandes zu schliessen; in der Regel wird jedoch aus dem Ergebnisse der Probefläche die Masse pro Hektar bestimmt und diese mit der Gssamtfläche des Bestandes multipliziert.

Man hat auch für den Fall, als die Fläche des aufzunehmenden Bestandes nicht bekannt ist, vorgeschlagen, die Gesamtmasse nach dem Verhältnisse der Stammzahlen anstatt nach jenem der Flächen (also $M = m \frac{N}{n}$) zu berechnen, zu welchem Zwecke die Stammzahl des ganzen Bestandes N durch Auszählen zu bestimmen und eine bestimmte Anzahl n von Stämmen mit der Kluppe zu messen wäre, wogegen die Messung der Probefläche selbst ganz entfallen kann.

Da jedoch ein sorgfältiges Auszählen des Bestandes, wobei jeder bereits gezählte Stamm zur Kontrolle auch als solcher bezeichnet werden müsste, nahezu ebenso viel Zeit erfordert, als die Auskluppierung, so bietet dieses Verfahren gegen die Aufnahme des ganzen Bestandes wenig Vorteile, daher wir dasselbe auch nicht weiter berücksichtigen werden.

---

42) Mitteilungen über die bei der Auskluppierung grösserer Bestände erzielbare Leistung, beziehungsweise über den hiezu erforderlichen Zeitaufwand, verdanken wir hauptsächlich Herrn Professor Dr. Baur (Holzmesskunde 3. Auflage S. 372 u. ff.). Hiernach können von einem Taxator mit zwei Gehilfen in einer Stunde je nach Umständen 400 bis 1000, im Mittel etwa 700 Stämme, oder in haubaren Beständen täglich etwa 8 bis 10 Hektar mit der Kluppe gemessen werden, welche Durchschnittszahlen übrigens jedenfalls für nicht allzu ungünstige Terrain- und Bestandesverhältnisse gelten. Immerhin würde, selbst bei Annahme dieser Zahlen, in den grossen Hochgebirgsrevieren, in welchen nicht selten die haubaren Bestände allein 1000—1500 Hektar und selbst mehr Fläche einnehmen, die stammweise Aufnahme aller dieser Bestände einen sehr bedeutenden Arbeitsaufwand erfordern.

§ 30. Auswahl und Abstecken von Probeflächen[43]. Bei der Aufnahme von Probeflächen kommt die richtige Auswahl derselben, die geeignete Grösse und Form und die Art des Absteckens, bezw. der geodätischen Aufnahme der gewählten Fläche, in Betracht.

Die Auswahl jener Probeflächen, welche als Anhalt für die Holzmasse des ganzen Bestandes dienen sollen, ist stets so zu treffen, dass der Bestand der Probefläche (eventuell auch mehrere solcher zusammen) möglichst den ganzen Bestand im kleinen repräsentiert, also als Modell desselben gelten kann. Es ist daher stets notwendig, dass man vor der Auswahl der Probefläche den Bestand durchgehe und sich dessen durchschnittliche Beschaffenheit einpräge. Wenn der Bestand selbst von Wegen, kleinen Gräben u. dgl. vielfach durchschnitten oder von kleinen Blössen unterbrochen ist, dann ist es berechtigt, auch in die Probefläche eine kleine Blösse, ein Stück Weg oder dgl. einzubeziehen, und ist überhaupt die Auswahl allzu gut bestockter Teile und ebenso die Verlegung der Probeflächen an die Bestandesränder zu vermeiden, da letztere in der Regel eine andere Beschaffenheit als das Innere des Bestandes zeigen. Bei der Aufnahme von Probeflächen für Ertragstafeln oder ähnliche Zwecke sind dagegen, ganz abgesehen von der Beschaffenheit des übrigen Bestandes, möglichst vollkommen, aber nicht aussergewöhnlich dicht bestockte Teile zu wählen.

In vielen Fällen wird die Auswahl der Probeflächen dadurch wesentlich erleichtert, dass man mehrere Probeflächen in den verschiedenen Bestandespartieen auswählt; so wird man z. B. bei Beständen an hohen Berglehnen, welche in der Regel vom Tale bis zur Höhe eine allmähliche Abnahme der Stammhöhen und Stammstärken erkennen lassen, am besten 2 bis 3 Höhenregionen des Bestandes bilden und in jeder derselben eine geeignete Probefläche wählen; und ähnlich kann man bei sonstigen Unterschieden einer grösseren Bestandesabteilung verfahren, indem man sich dieselbe vorübergehend, speziell für den Zweck der Massenaufnahme, in mehrere für sich gleichartige Sektionen zerlegt, die Flächen dieser Sektionen annähernd bestimmt und für jede derselben einen Probebestand auswählt. Nimmt man die Grösse der einzelnen Probeflächen in demselben Verhältnisse, als die Grösse der durch sie repräsentierten Bestandesteile angeschätzt oder erhoben wurde, so können die Probeflächen zusammen auch als Modell des Bestandes betrachtet und ihre Massenergebnisse einfach addiert werden; im anderen Falle müsste jeder Bestandesteil für sich berechnet werden, und wäre dann die Gesamtmasse

$$M = m_1 \frac{F_1}{f_1} + m_2 \frac{F_2}{f_2} + m_3 \frac{F_3}{f_3},$$

wenn F_1, F_2, F_3 die Flächen der einzelnen Bestandespartieen, f_1, f_2, f_3 die Grösse der darin aufgenommenen Probeflächen und m_1, m_2, m_3 die darin erhobenen Holzmassen bedeuten.

Die Grösse der Probeflächen soll einerseits nicht unter einen gewissen Prozentsatz der Bestandesfläche herabgehen, welcher Prozentsatz bei sehr gleichmässigen und bei ausgedehnten Beständen kleiner (etwa 3—5%) sein kann, als bei an sich kleinen und bei weniger gleichmässigen Beständen; anderseits sollen die Probeflächen überhaupt nicht unter eine gewisse Grösse herabgehen, für welche Grösse hauptsächlich der Umstand massgebend ist, dass die Probefläche die Stammstärken und Stammverteilung des Bestandes noch hinlänglich repräsentieren soll, was in der Regel nur bei einer Zahl

43) Ausser der Bestandesaufnahme nach Probeflächen könnte auch eine solche mittelst Probestreifen oder Probelinien in Betracht kommen; letztere bilden jedoch nur ein Annäherungsverfahren zur Aufnahme der Stammzahlen und Stammgrundflächen und sollen daher im folgenden § kurz behandelt werden.

von mindestens einigen hundert Stämmen der Probefläche anzunehmen ist. Auch würden bei sehr kleinen Probeflächen verhältnismässig viele Stämme in die Umfangslinie fallen und damit die Erhebung unsicher machen. Demnach wird das zulässige Minimalausmass einer Probefläche um so grösser genommen werden müssen, je ungleichmässiger der Bestand ist und je weniger Stämme auf gleicher Fläche gegeben sind. In haubaren Beständen soll die Grösse einer Probefläche jedenfalls nicht unter 0.5 Hektar herabgehen, in der Regel vielmehr etwa 1 Hektar betragen, wogegen in stammreichen und gleichmässigen Jungbeständen 0.2, ja selbst 0.1 Hektar ausreichen können. Bei grösseren Beständen ist es übrigens fast immer vorzuziehen, mehrere kleinere Probeflächen (von 0.5 bis 1.0 Hektar) in den verschiedenen Bestandespartien anstatt einer grossen Bestandesprobe zu wählen, weil man dadurch die doch stets vorhandenen kleineren Bestandesunterschiede und somit auch den Durchschnitt des ganzen Bestandes besser erhält, und zwar ohne wesentlich grösseren Zeitaufwand, da das Abstecken und Auskluppieren kleinerer Flächen rascher vor sich geht als bei sehr grossen.

Als Form der Probeflächen wird des leichteren Absteckens und der einfachen Berechnung wegen fast immer die Form rechtwinkeliger Figuren, also das Rechteck oder Quadrat gewählt; letzteres hat im Verhältnisse zum Inhalte den geringeren Umfang, daher geringere Wahrscheinlichkeit, dass einzelne Stämme störend in die Umfangslinie fallen, dagegen umfasst ein längliches Rechteck bei gleicher Fläche mehr Bestandesunterschiede in sich und ist auch in der Regel leichter zu übersehen und auszuzählen als das Quadrat; daher besonders dann, wenn in nicht ganz gleichmässigem Bestande nur eine Probefläche aufgenommen wird, die letztere Form in der Regel vorzuziehen ist.

Zum Abstecken solcher Probeflächen bedient man sich in der Regel einer Kreuzscheibe oder einer Winkeltrommel, womit in einfachster Weise rechte Winkel abgesteckt werden können; für die Messung der Seitenlängen verwendet man am besten gute Messbänder, von welchen besonders die aufrollbaren 10—20 m langen Stahlbänder gute Dienste leisten. Leinenbänder oder Messschnüre müssen von Zeit zu Zeit auf ihre Länge geprüft und diese richtig gestellt werden. Bei geneigten Lehnen muss die Messung in horizontaler Richtung entweder durch Staffelmessung (bei sehr starker Neigung besser mittelst Messlatten und eines Senkels) oder durch Reduktion der schief gemessenen Entfernung mit dem cosinus des Neigungswinkels erfolgen.

Soll eine Probefläche von bestimmter Grösse z. B. von $^1/_2$ Hektar abgesteckt werden, so wählt man sich den ersten Aufstellungspunkt so, dass er nach zwei auf einander senkrechten Richtungen gute Durchsichten durch den Bestand bietet, misst von da eine der Grösse der Fläche angemessene Basis, z. B. 80 m, steckt mittelst des Instrumentes und mittelst Signalstäben oder Fahnen an beiden Enden die auf die Basis winkelrechten Seitenlinien ab, auf welche dann die entsprechende Seitegrösse (in unserem Falle $5000 : 80 = 62.5$ m) aufgetragen wird. Auch die vierte Seite soll stets zur Kontrolle noch gemessen, bei längeren Linien, welche keine direkte Zusammensicht von den beiden Endpunkten gestatten, auch durch Uebertragung des Instrumentes auf einen dieser Enpunkte der Seitenlinien wieder winkelrecht auf diese abgesteckt werden. Selbstverständlich kann für die Absteckung der Winkel auch ein kleines Boussolen- oder Winkelinstrument, bei kleineren Probeflächen auch Pressler's Messknecht oder ein ähnliches Tascheninstrument benützt werden. Die Verwendung einer Bussole gewährt beim Abstecken längerer Linien, in welchem Falle häufig einzelne Stämme in die Visur fallen, den Vorteil, dass dann die Linie nach dem in der ersten Aufstellung notierten Stande der Magnetnadel stets korrekt fortgesetzt werden kann.

Bei dichten jüngeren Beständen oder in Altbeständen mit Unterholz erfordert das Durchpikieren der Linien einen grösseren Zeitaufwand, es kann daher in solchen

Fällen oft das Abgehen von der rechtwinkeligen Form der Probefläche zweckmässig sein, um gegebene Durchsichten benutzen zu können; auch bei der Aufnahme von Musterbeständen für Ertragstafeln ist es, um den Probebestand dem gegebenen Zwecke vollkommen anpassen zu können, oft geratener, ein beliebiges Polygon als Probefläche abzustecken und mit einem kleinen Winkelinstrumente aufzunehmen. Die Fläche desselben ist dann durch nachträgliches Auftragen in einem nicht zu kleinen Massstabe (etwa 1 : 1000) oder nach der polygonometrischen Flächenformel zu berechnen.

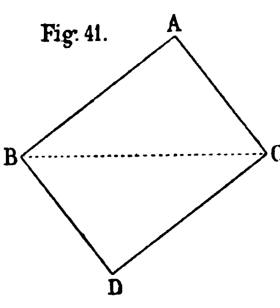


Fig. 41.

Breymann empfiehlt bei Aufnahme der Probeflächen mit seinem Universal- oder einem anderen Winkelinstrumente zuerst einen Punkt A (Fig. 41) zu wählen, der nach zwei annähernd aufeinander senkrechten Richtungen freie Durchsicht gewährt, dann die Seiten nach B und C in einer der gewünschten Grösse der Probefläche entsprechenden Länge aufzutragen und den Winkel bei A zu messen; ebenso von einem zweiten in entsprechender Entfernung gewählten Standpunkte D die Längen BD und CD und den Winkel D zu messen; die Fläche erhält man dann aus der Summe der beiden Dreiecke ABC und BCD

$$f = \tfrac{1}{2} AB \,.\, AC \,.\, \sin A + \tfrac{1}{2} BD \,.\, CD \,.\, \sin D.$$

In allen Fällen ist darauf zu sehen, dass die Umfangslinien der Probefläche nicht unmittelbar an die äussersten zur Probefläche gehörigen Stämme gelegt werden, sondern dieselben sollen stets in die Mitte der beiderseits der Visur befindlichen Stämme gelegt, d. h. deren Standseiten im Durchschnitte halbiert werden, da auch die Kronen der betreffenden Randstämme in die Probefläche einzubeziehen sind.

In den Eckpunkten der Probefläche werden für die Dauer der Aufnahme die Signalstangen oder Fahnen belassen, um dieselben leicht aufzufinden; soll die Probefläche auch nach der Aufnahme noch weiter als Vergleichsfläche für andere Bestandesaufnahmen oder als Versuchsfläche zu wiederholter Messung dienen, so müssen die Eckpunkte mit starken, die Nummern der Probefläche tragenden Pflöcken dauernd bezeichnet werden. Auch der Umfang der Probefläche ist sofort nach dem Abstecken derselben zu bezeichnen, damit bei der Aufnahme nicht ausserhalb derselben stehende Stämme mit einbezogen werden, was am zweckentsprechendsten durch Bezeichnung aller ausserhalb der Fläche zunächst des Umfanges stehenden Stämme durch leichtes Anschalmen mit der Axt, durch ein bestimmtes Zeichen mit dem Baumreisser, mit Kreide oder dergl., und zwar stets in der Richtung gegen die Probefläche zu, erfolgt.

Noch seien schliesslich einige Worte über den bei der geodätischen Aufnahme, beziehungsweise der Absteckung der Probeflächen erforderlichen Genauigkeitsgrad beigefügt. Die Entfernung je zweier Stämme (die Standseite) beträgt in haubaren Beständen stets einige Meter; die Verschiebung einzelner Punkte des Umfanges der Probefläche um einen oder selbst mehrere Dezimeter wird daher an der Anzahl der in die Probefläche fallenden Stämme gar nichts ändern und es genügt daher, wenn bei diesen Aufnahmen die Winkel auf etwa 2—5 Minuten, die Längen auf Dezimeter gemessen werden, und es kann ferner, wenn die Kontrolmessung der letzten Linie beim Abstecken von Rechtecken eine Differenz ergiebt, eine Berichtigung derselben in dem Falle unterlassen werden, wenn durch die Differenz kein Stamm bezüglich seiner Zugehörigkeit in die Probefläche in Frage gestellt ist. Es ist selbstverständlich, dass innerhalb dieser Genauigkeitsgrenzen die Messung der Winkel und Längen (bei letzteren insbesondere bezüglich der horizontalen Messung) mit aller Sorgfalt ausgeführt werden muss.

§ 31. Aufnahme der Stammzahl und Stammgrundfläche.

Die Aufnahme der Stammzahlen und Stammgrundflächen erfolgt für alle Methoden in der Hauptsache in gleicher Weise durch das sogenannte Auskluppieren, d. h. durch die Messung der Grundstärken aller Stämme in einer bestimmten Höhe von 1.3 bis 1.5 m über dem Boden mittelst Kluppen und Eintragung derselben in ein Aufnahmsbuch (Manuale), nur dass dieselbe bei der Aufnahme nach Probeflächen auf eine kleinere Fläche beschränkt wird. Auch bezüglich der weiteren Bestandesaufnahme und der hiefür wählbaren Methoden besteht zwischen der Aufnahme einer Probefläche oder eines ganzen Bestandes kein Unterschied; erstere wird eben als ein kleiner Bestand für sich betrachtet, und es gelten daher die folgenden Ausführungen in gleicher Weise für die Aufnahme von Probeflächen wie für jene ganzer Bestände.

Die Kluppierung des Bestandes soll uns angeben:

1. die Stammzahl,
2. die vorhandenen Stärkestufen und die Verteilung der Stämme in dieselben,
3. die Gesamt-Stammgrundfläche des Bestandes,
4. eventuell auch die Verteilung der Stämme in verschiedene Höhenstufen oder auch nach Holzarten, wenn mehrere solche vorhanden sind.

Es ist daher auch das Aufnahmsbuch dementsprechend einzurichten.

Da es sich hier stets um die Aufnahme einer grösseren Anzahl von Stämmen handelt, so ist eine grössere Abrundung in der Messung der Durchmesser zulässig als bei der Messung von Einzelstämmen, da sich die Fehler der Abrundung bis auf eine gewisse Differenz ausgleichen werden; ebenso ist hier eine Ausgleichung der Fehler, welche sich durch die Messung nur eines Durchmessers ergeben, bis zu einem gewissen Grade zu erwarten, daher unter Umständen von der Messung mehrerer Durchmesser für jeden Stamm abgesehen werden kann. Man hat sich daher hinsichtlich der Messung der Grundstärken zu entscheiden über den Grad der Abstufung derselben und über die Art der Abrundung (ob diese sowohl nach aufwärts und abwärts oder nur nach abwärts erfolgen soll), dann ob nur einer oder mehrere Durchmesser für jeden Stamm gemessen werden sollen.

Die Grösse der zu wählenden Durchmesserabstufung (Stärkestufen) ist abhängig von der Stärke und der Gleichmässigkeit des Bestandes; für sehr starke Bestände sind selbst Abstufungen von 4—5 cm zulässig [44], wogegen in schwächeren Beständen auf 1 cm, bei ganz schwachen Stämmen selbst auf $^1/_2$ cm abgestuft werden müsste.

Zumeist pflegt man in haubaren und auch in angehend haubaren Beständen auf 2 cm abzurunden, bei sehr grossen Stärkeunterschieden in dem betreffenden Bestande ist jedoch eine grössere Abstufung zweckmässig, da allzuviele Stärkestufen sowohl die Führung des Aufnahmsbuches als auch die Berechnung umständlich machen. Will man für die Massenaufnahme im weiteren Massen- oder Formzahltafeln verwenden, so richtet sich die Abrundung nach der in den betreffenden Tafeln gegebenen Durchmesser-Abstufung.

Die Abrundung auf 1 oder 2 cm kann leicht auch mit dem gewöhnlichen, in cm geteilten Kluppen-Massstabe vollzogen werden; für gröbere Abrundungen ist jedoch ein diese Abrundung direkt angebender Massstab der Kluppe vorzuziehen [45].

---

44) Nach den von Baur und Grundner hierüber angestellten Versuchen ist in haubaren Beständen selbst bei einer Abstufung von 4—5 cm die Summe der Kreisflächen noch bis auf 1 % mit der genau gemessenen übereinstimmend.

45) Da ein solcher Abrundungsmassstab für die Auswahl und Messung der Modellstämme nicht benützbar ist, so kann man für diesen Fall auch die eine Seite des Kluppenmassstabes mit der Abrundungs-, die andere aber mit der gewöhnlichen Zentimeter-Teilung versehen lassen.

Bei solcher Abrundung wird mit der Kluppe nicht mehr die spezielle Stärke der einzelnen Stämme, sondern nur die Stärkestufe, in welche sie gehören, bestimmt.

Bei der Messung auf 1—2 cm wird nicht selten auch so vorgegangen, dass jeder die nächst obere Stufe nicht voll erreichende Durchmesser in die untere Stufe eingereiht, also die Abrundung stets nur nach unten vollzogen wird; es ist dies deshalb nicht berechtigt, weil selbst bei der Abrundung der Durchmesser nach unten und oben, wenn (was im allgemeinen als wahrscheinlich anzunehmen) ebenso viele Stämme unter- als oberhalb der Mitte der einzelnen Abstufungen liegen, die Kreisflächen bereits um einen, allerdings nur kleinen, Betrag zu klein bemessen werden.

Ist von den Durchmessern zweier Stämme einer um den Betrag a grösser, der andere um denselben Betrag kleiner als der mittlere Durchmesser d, so ist die wirkliche Kreisfläche beider zusammen

$$g = \frac{\pi}{4}(d + a)^2 + \frac{\pi}{4}(d - a)^2 = \frac{\pi}{4} 2(d^2 + a^2);$$

die nach dem mittleren Durchmesser d berechnete Kreisfläche beider ist aber $g' = 2\frac{\pi}{4}d^2$, somit letztere um $2\frac{\pi}{4}a^2$ kleiner als erstere.

Bei Stämmen von sehr unregelmässiger Form und starker Borke ist es dagegen, weil hier die Durchmesser meist im Verhältnisse zur Fläche zu gross erhalten werden, angezeigt, stets nach unten abzurunden, ja es kann hier selbst eine Abminderung des einzutragenden Durchmessers gegen die Messung um 1—2 cm unter Umständen berechtigt sein.

In nicht zu starken Beständen mit mehr regelmässigen Stammformen wird in der Regel die Abnahme eines Durchmessers für jeden Stamm genügen, besonders wenn diese nicht durchgehends in einer Richtung, sondern abwechselnd in verschiedener Richtung gemessen werden. Es ist hiebei insbesondere die durch Grundner's Untersuchungen[46]) bestätigte Tatsache zu berücksichtigen, dass in windexponierten Beständen die Durchmesser stets in der Richtung des herrschenden Windes grösser sind als in der darauf senkrechten Richtung. Es sind also in solchem Falle die Durchmesser entweder abwechselnd in verschiedener Richtung oder auch für jeden Stamm nach beiden Richtungen zu messen. Auch bei sehr starken Stämmen ist die Messung von mindestens zwei Durchmessern stets angezeigt, besonders wenn solche unter sonst schwächeren Stämmen zerstreut sind, weil auch hier eine Ausgleichung der Fehler zwischen stärkeren und schwächeren Stämmen nicht eintritt. Werden alle Stämme eines Bestandes doppelt gemessen, so empfiehlt es sich, stets beide Messungen (anstatt des Mittels) in das Aufnahmsbuch einzutragen; man erhält dann die Stammzahl und die Stammgrundfläche im Manuale doppelt und hat also diese Zahlen durch 2 zu dividieren.

Für die Messung selbst gelten bezüglich des guten Anlegens der Kluppe, der Vermeidung unregelmässiger Stellen, der Entfernung von Moos und Flechten etc. vor der Messung die bereits in § 13 gegebenen Regeln. Die Ablesung an der Kluppe soll stets erfolgen, so lange dieselbe noch am Stamm anliegt.

Besonders ist auf die Einhaltung der richtigen Messhöhe von Seite der Kluppenführer zu achten, welchen daher diese Messhöhe vorher in geeigneter Weise zu fixieren ist.

Bei stark geneigtem Terrain wird diese Messhöhe, des stärkeren Wurzelanlaufes wegen, in der Regel von der Bergseite aus genommen.

Bei Stämmen, welche sich nahe der Messstelle in zwei oder mehrere Hauptstämme teilen, ist jeder derselben besonders zu messen.

---

46) Untersuchungen über die Querflächen-Ermittelung der Holzbestände. Berlin 1882.

Da der die Aufnahme durchführende Taxator selbst das Aufnahmsbuch zu führen hat, so muss die Messung der Stämme an Arbeiter oder Forstgehilfen u. dgl. Kräfte übertragen werden, von welchen ein Taxator für gewöhnlich zwei, in lichteren Beständen auch drei zugleich beschäftigen kann. Dabei wird der Bestand streifenweise durchgangen, indem die beiden Kluppenführer, in nicht zu grosser Entfernung neben einander postiert, vorausgehen und jeder einen schmalen Streifen von Stämmen messen, während der Taxator ihnen unmittelbar nachfolgt, die ausgerufenen Dimensionen notiert und zugleich die Kluppenführer bezüglich richtigen Anlegens der Kluppe und bezüglich etwaiger grober Fehler in der Durchmesserangabe (nach dem Augenmasse) kontrolliert, ferner auch darauf achtet, dass kein Stamm bei der Messung übergangen wird. Jeder Stamm muss, sobald er gemessen ist, auch, und zwar in der Richtung gegen den noch nicht aufgenommenen Bestand hin, bezeichnet werden, was am besten durch einen kurzen Riss in die Rinde mittelst eines Baumreissers, den jeder Kluppenführer mit sich führt, erfolgt. Grössere Bestände werden zuerst mit Benützung vorhandener Wege, Gräben u. dgl. in kleinere Partien zerlegt, um die Uebersicht zu erleichtern. In stark geneigtem Terrain nimmt man am besten die Streifen in horizontaler Richtung u. zw. von unten nach aufwärts angereiht, weil man von oben am besten die bezeichneten Stämme übersieht und auch dann nach Beendigung des Auskluppierens die Auswahl der Modellstämme, oder Messung der Stamm- oder Richthöhen leichter vornimmt.

Die Einrichtung des Aufnahmsbuches, für welches man bei grösseren Aufnahmen ein gedrucktes Formular verwendet, ist aus nachstehendem Muster zu ersehen.

Muster 1.

Forstbezirk:				Abteilung:		
Durchmesser bei 1.3 m cm	Holzart (oder Höhenklasse)	Stammzahl	Kreisfläche m²	Holzart (oder Höhenklasse)	Stammzahl	Kreisfläche m²
20		46	1.445			
22		50	1.901			
24		28	1.267			
26		47	2.495			
28		69	4.249			

u. s. w.

Die Durchmesser werden vor der Messung nach den im Bestande ersichtlichen Grenzen der Grundstärken und der gewählten Abstufung eingetragen und dabei für die am meisten vorkommenden mittleren Stärkestufen der erforderliche grössere Raum gelassen; bei der Messung wird jeder gemessene Stamm in der betreffenden Stärkestufe mit einem Striche oder Punkte notiert, deren je 10 oder 20 in eines der vorgedruckten Quadrate kommen, um die Abzählung zu erleichtern[47]. Die Zahl der Striche oder

47) Die Bezeichnung mit Punkten beansprucht allerdings den geringsten Raum, doch werden bei regnerischer Witterung die Bleistiftpunkte leicht unkenntlich und ziehen wir daher die Notierung der Stämme nach der im obigen Muster ersichtlichen Weise vor.

Punkte bei jeder Stärkestufe gibt nach Beendigung der Messung deren Stammzahl und die Summe dieser Stammzahlen die Gesamt-Stammzahl des ganzen Bestandes.

Sind $n_1, n_2, n_3 \ldots$ die Stammzahlen der einzelnen Stärkestufen, $g_1, g_2, g_3 \ldots$ die den betreffenden Durchmessern entsprechenden Kreisflächen, so ist die Gesamt-Stammgrundfläche $G = g_1 n_1 + g_2 n_2 + g_2 n_3 + \ldots$. Die Produkte $g_1 n_1$, $g_2 n_2$ etc. können aus einer Tafel der vielfachen Kreisflächen entnommen und kann die Stammgrundfläche des Bestandes demnach einfach durch Summierung dieser Zahlen erhalten werden.

Sind in dem Bestande mehrere Holzarten vertreten, so sind diese, da sie auch für sich besonderer Modellstämme bedürfen, getrennt aufzunehmen, und ist in diesem Falle das Aufnahmsbuch, wie Muster 1 zeigt, in mehrere Abteilungen für die Holzarten zu trennen, für welche dann auch die Stammzahlen und Kreisflächen getrennt berechnet werden. Einzelne Stämme einer andern Holzart werden nicht gesondert aufgenommen, sondern jener Holzart zugerechnet, mit welcher sie an Höhe und Form am meisten übereinstimmen.

Aehnlich ist der Vorgang, wenn mehrere Höhenklassen unterschieden werden sollen, in welchem Falle es Aufgabe des Taxators ist, zuerst die Höhenklassen, welche gebildet werden sollen (meist 2—3), zu fixieren und dann während des Auskluppierens jeden Stamm bezüglich der Höhenklasse, in welche er gehört, einzuschätzen und dann denselben bei der betreffenden Höhenklasse und Stärkestufe zu notieren.

Als ein Annäherungsverfahren zur Ermittelung der Stammgrundfläche eines Bestandes haben wir schon früher die Aufnahme von Probestreifen und Probelinien erwähnt. Probestreifen werden in einer Breite von etwa 10 bis höchstens 20 m durch die ganze Länge oder Breite eines Bestandes gelegt. Die eine Längsseite wird mit Benützung von Durchsichten streckenweise in annähernd gerader Richtung abgesteckt und gemessen, von dieser die Breite am Anfang und Ende jeder Strecke, nach Erfordernis auch in Zwischenpunkten, rechtwinkelig abgemessen und darnach auch die zweite Längsseite mit Stäben oder Stangen bezeichnet; sodann werden die Durchmesser sämtlicher Stämme innerhalb des Streifens gemessen und notiert. Die Gesamtlänge × Breite des Probestreifens ergiebt dessen Flächeninhalt und es werden sodann Stammzahl und Stammgrundfläche pro Hektar oder für den ganzen Bestand in gleicher Weise wie bei einer Probefläche berechnet. Die Aufnahme von Probestreifen bietet den Vorteil der einfachen Absteckung ohne Verwendung von Instrumenten, nur mit Zuhilfenahme eines Messbandes, und der Erstreckung der Probe über einen grösseren Teil des Bestandes, als dies bei nur einer Probefläche möglich ist, dagegen ist die geodätische Festlegung und Berechnung weniger genau als dort, und werden zumeist mehr oder weniger Stämme, welche in die zweite Längsseite fallen, bezüglich ihrer Zugehörigkeit zum Probestreifen unsicher sein. Bei Beständen mit stark wechselnder Bestockung, insbesondere im Plenterwalde, kann übrigens die Aufnahme von Probestreifen gegenüber jener von Probeflächen sogar vorzuziehen sein.

Bei der von König zuerst angegebenen, später auch durch Pressler empfohlenen Aufnahme durch Abstandszahlen werden die auf einem Probestreifen befindlichen Stämme gezählt und wird daraus die durchschnittliche Stammentfernung (Standseite) bestimmt. Das Verhältnis dieser Standseite zum mittleren Stammdurchmesser ist die Abstandszahl (a), und aus dieser kann die Stammgrundfläche pro Hektar nach der Formel $G = \frac{7854}{a^2}$ berechnet oder aus einer Tafel entnommen werden. Dieses Verfahren bietet gegen das vorangeführte der Aufnahme von Probestreifen keinen Vorteil; das Berechnen der Abstandszahl ist überflüssig, weil aus den gemessenen Stammdurchmessern (bezw. der zugehörigen Querflächen) und der Fläche des Probestreifens die Stammgrundfläche direkt bestimmt werden kann.

Das neuerdings von Forstdirektor Bretschneider angegebene Verfahren, welches man als Aufnahme nach Probelinien bezeichnen kann, besteht darin, dass man den Bestand nach einer oder auch zwei Diagonallinien in annähernd gerader Richtung durchgehend, die Entfernungen aller in diese Richtung fallenden Stämme und deren Durchmesser misst und notiert. Das Quadrat der daraus sich ergebenden mittleren Stammentfernung wird als durchschnittlicher Standraum angenommen und aus diesem die Stammzahl pro Hektar oder

des ganzen Bestandes berechnet. Nach dem Verhältnisse der Zahl der gemessenen Stämme zur Gesamtzahl derselben werden sodann aus dem Ergebnisse der Durchmessermessung die Stammzahlen der Durchmesserstufen für den ganzen Bestand und hieraus die Stammgrundfläche desselben berechnet. Das Verfahren ergiebt hinsichtlich der Auswahl der in die Messung einzubeziehenden Stämme einige Unsicherheit und kann nur als Anhaltspunkt für Bestandesschätzungen, nicht aber als Messung der Stammgrundfläche angesehen werden.

§ 32. Die Bestandesverhältnisse im allgemeinen. Für die Wahl und Anwendbarkeit der einzelnen Verfahren der Bestandesaufnahme ist nebst dem Zwecke der Aufnahme und dem geforderten Genauigkeitsgrade hauptsächlich die Beschaffenheit des Bestandes entscheidend; insbesondere ist dies auch hinsichtlich der Frage der Fall, ob ein Bestand nach Stärke- oder nach Höhenklassen oder auch nach Stärke- und Höhenklassen, oder endlich nach den einzelnen Stärkestufen aufgenommen werden soll. Es wird daher am Platze sein, wenn wir hier eine kurze Charakteristik der Bestandesverhältnisse, wie selbe im allgemeinen vorliegen, vorausschicken.

Im allgemeinen sind in unseren Beständen die Grundstärken, Höhen und Formzahlen an den einzelnen Stämmen mannigfach, und zwar in grösserem oder geringerem Masse, verschieden; dabei weisen aber stets die Grundstärken (und noch mehr die Grundflächen) relativ die grösste Verschiedenheit auf, während die Höhen und Formzahlen in verhältnismässig viel engeren Grenzen schwanken als diese.

In scheinbar ziemlich gleichmässigen haubaren Beständen schwanken die Grundstärken der Stämme nicht selten zwischen 20 und 40 cm, in älteren und ungleichmässigeren sogar zwischen 20 und 60 cm, also im Verhältnisse 1 : 2 bis 1 : 3 (für die Grundflächen im Verhältnisse 1 : 4 bis 1 : 9); die Höhe wird in dem gleichen Bestande im äussersten Falle etwa zwischen 25 und 35 m, also im Verhältnisse 1 : 1.4, in regelmässig durchforsteten Beständen aber in der Regel nur im Verhältnisse 1 : 1.2 und die Formzahl selten um mehr als 10 Prozent (etwa zwischen 0.45 und 0.50), also im Verhältnisse 1 : 1.1 schwanken.

Dieses Verhalten ist insofern von Bedeutung, als — vorausgesetzt, dass eine gewisse Abhängigkeit der Höhen und Formzahlen von der Grundstärke besteht — bei entsprechender Eingrenzung der Unterschiede im Durchmesser, beziehungsweise der Stammgrundflächen (z. B. durch Bildung von Stärkeklassen) die Höhen und Formzahlen innerhalb dieser Klassen als nahezu konstant betrachtet werden können. Wir wollen daher auch das Verhalten der Grundstärken, Höhen und Formzahlen zu einander im Bestande kurz in Betracht ziehen.

In regelmässigen Beständen steigt, im Durchschnitte der betreffenden Stammklassen genommen, die Höhe der Stämme mit deren Grundstärke an, es sind also die stärksten Stammklassen auch die höchsten, die geringsten auch zugleich die niedersten, und es kann also hier die Höhe als eine Funktion der Grundstärke [$h = \varphi(d)$] genommen werden. Für den einzelnen Stamm erleidet diese Regel allerdings zahlreiche Ausnahmen, und finden wir nicht selten die stärksten Stämme niederer als jene der mittleren Stammklassen, ebenso ist in sehr ungleichalterigen und unregelmässigen Beständen (z. B. in Plänterbeständen) wegen der hier vielfach verschiedenen Entwicklungsbedingungen für die einzelnen Stämme oder Stammgruppen die obige Regel nicht mehr zutreffend, sondern es sind hier die Höhen oft ohne Uebereinstimmung mit den Grundstärken wechselnd. Im Gegensatze hiezu finden wir in sehr gleichmässig erwachsenen Beständen nicht selten die Höhenunterschiede so gering, dass die Höhe für den ganzen Bestand als konstant angesehen werden kann.

Den besten Beleg für die oben aufgestellte Regel sowie für die Ausnahmen von derselben bieten die zahlreichen (bei 400) Probeaufnahmen, welche Weise's Ertragstafeln für die Kiefer zugrunde liegen, und deren Stämme durchgehends in fünf Stärkeklassen mit je gleichen Stammzahlen getrennt wurden. Die Zusammenstellung aller Probebestände in

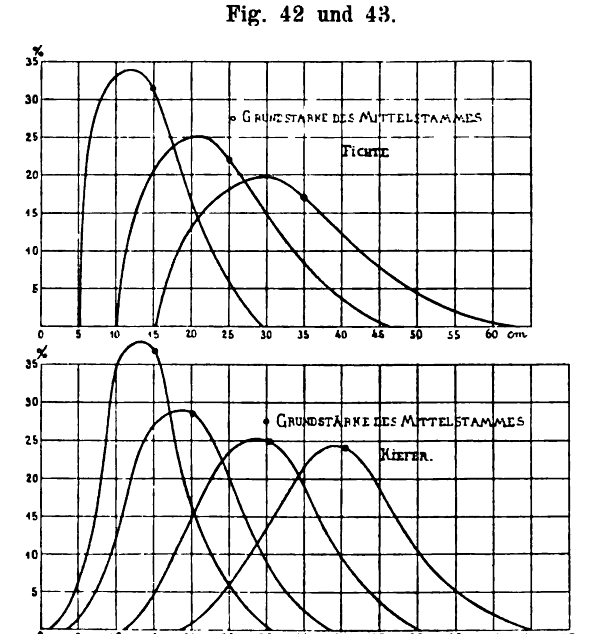
Altersstufen von 5 zu 5 Jahren (a. a. O. S. 36) ergiebt durchwegs ein Ansteigen der Höhe in den stärkeren Stammklassen u. zw. im Durchschnitte aller Bestände von der Stärkeklasse I bis V im Verhältnisse 100 : 107 : 111 : 114 : 118; eine Durchsicht der einzelnen Bestandesaufnahmen (S. 16—33 a. a. O.) ergibt jedoch zahlreiche Fälle, wo die Modellstämme der Mittelklassen höher sind als jene der stärksten, oder auch mehrere Stammklassen nahezu die gleiche Höhe besitzen.

Die Formzahl kann, da die Formausbildung der Stämme von denselben Verhältnissen bedingt ist, welche die Entwicklung der Grundstärke und Höhe und insbesondere das Verhältnis h : d beeinflussen, als eine Funktion der Grundstärke und Höhe [$f = \varphi(d, h)$] betrachtet und müsste demnach auch in Stammklassen von gleicher Grundstärke und Höhe als annähernd gleich angenommen werden; im einzelnen werden jedoch wieder um so grössere Schwankungen zu konstatieren sein, je verschiedener die Entwicklung der einzelnen Stämme von Jugend auf in dem betreffenden Bestande war, und es finden sich selbst in gleichmässigen Beständen bei Modellstämmen von gleicher Grundstärke und Höhe nicht selten Unterschiede in der Formzahl von 4—6, ja selbst bis zu 10 Prozent.

Es wird demnach für die Auswahl und Anwendung der verschiedenen Aufnahmsmethoden hauptsächlich darauf ankommen, zu beurteilen, inwieweit eine solche gesetzmässige Abhängigkeit zwischen Grundstärken, Höhen und Formzahlen in den einzelnen Stammklassen des Bestandes besteht, und werden wir auf die verschiedenen, in dieser Richtung in Betracht kommenden Fälle in den folgenden §§ näher eingehen.

Von Bedeutung für die richtige Beurteilung der Bestandesverhältnisse, insbesondere bei der Bildung von Stärkeklassen, ist auch die Verteilung der Stämme eines Bestandes in die einzelnen Stärkestufen, welche am besten in Prozenten der Gesamtstammzahl zum Ausdruck gebracht wird. Die beiden nebenstehenden Figuren 42, 43 stellen diese Verteilung für normal durchforstete Bestände der Fichte und Kiefer und zwar bei einer Stärke des Mittelstammes von 15, 25 und 35 cm bei der Fichte und von 15, 20, 30 und 40 cm bei der Kiefer dar. Es ist daraus ersichtlich, dass im normalen Bestande stets die mittleren Stärkestufen die grössten Stammzahlen aufweisen, und diese nach den geringsten und stärksten noch vorkommenden Durchmesserstufen hin abnehmen, und zwar nach den geringeren Stufen zu rascher bei den lichtbedürftigeren Holzarten (Kiefer) als bei den minder lichtbedürftigen, ferner dass die grösste Stammzahl nicht mit der Stärke des Mittelstammes zusammenfällt, sondern vor dieser Stärkestufe gelegen ist. Aus diesen Untersuchungen ergibt sich weiters, dass bei der Fichte im allgemeinen 60% der Stämme unter dem Mittelstamm und 40% über demselben liegen, welches Verhältnis schon früher durch Oberforstmeister Prof. Weise festgestellt worden ist,

Fig. 42 und 43.



wogegen bei der Kiefer dieses Verhältnis im allgemeinen etwa mit 55% der Stämme unter und 45% über dem Mittelstamm angenommen werden kann.

Als Mittelstamm ist hiebei stets derjenige angenommen, welchem die arithmetisch mittlere Grundfläche aller Stämme zukommt. Der ideale Mittelstamm eines Bestandes soll nämlich nicht nur die durchschnittliche Holzmasse aller Stämme (nach der schon früher aufgestellten Bedingung $m = \frac{M}{N}$), sondern auch die mittlere Höhe und Formzahl des Bestandes repräsentieren; daraus ergibt sich aber für die Stammgrundfläche dieses Mittelstammes, wenn H und F die mittlere Höhe und Formzahl des Bestandes und h, f jene des Mittelstammes bedeuten, da $M = GHF$ und $m = ghf$ ist, und $hf = HF$ angenommen wird,

$$g = \frac{G}{N} = \frac{g_1 n_1 + g_2 n_2 + \ldots\ldots g_n n_n}{N} \ldots\ldots (1.)$$

d. h. die arithmetisch mittlere Grundfläche[48]).

Für die mittlere Formhöhe (HF) des Bestandes erhalten wir, da

$$M = GHF,\ HF = \frac{M}{G} = \frac{g_1 h_1 f_1 + g_2 h_2 f_2 + \ldots\ldots g_n h_n f_n}{G} \ldots\ldots (2.)$$

Die mittlere Bestandeshöhe und -Formzahl stehen in einer Wechselbeziehung zu einander, insofern mit der Annahme eines bestimmten Wertes für H auch F gegeben ist und umgekehrt, da stets $HF = \frac{M}{G}$ sein muss. Analog der obigen Ableitung für HF würden wir für die mittlere Bestandeshöhe erhalten:

$$H = \frac{g_1 h_1 f_1 + g_2 h_2 f_2 + \ldots\ldots g_n h_n f_n}{GF} \ldots\ldots (3.),$$

und ebenso für die mittlere Bestandesformzahl die Gleichung:

$$F = \frac{g_1 h_1 f_1 + g_2 h_2 f_2 + \ldots\ldots g_n h_n f_n}{GH} \ldots\ldots (4);$$

diese Gleichungen sind aber für die Berechnung unbrauchbar, weil sie die Erhebung einer Anzahl von Formzahlen und zugleich bereits die Kenntnis der mittleren Bestandeshöhe oder -formzahl voraussetzen. Unter der berechtigten Voraussetzung, dass die mittlere Bestandesformzahl diejenige ist, welche, wenn sie in allen Stärkestufen die gleiche wäre, bei gleichen Grundflächen und Höhen dieselbe Holzmasse ergeben würde (also $f_1 = f_2 = \ldots\ldots f_n = F$) und ebenso bezüglich der mittleren Bestandeshöhe $H = h_1 = h_2 \ldots\ldots$, erhalten wir aus den Gleichungen 3 und 4 für die mittlere Bestandeshöhe und -formzahl die Ausdrücke:

$$H = \frac{g_1 h_1 + g_2 h_2 + \ldots\ldots g_n h_n}{G} \ldots\ldots (5.)$$

und

$$F = \frac{g_1 f_1 + g_2 f_2 + \ldots\ldots g_n f_n}{G} \ldots\ldots (6.)$$ [49]).

Die mittlere Bestandesformzahl wird man jedoch, wenn die mittlere Höhe nach der Gleichung (5) ermittelt ist, stets einfacher aus $F = \frac{M}{GH}$ berechnen.

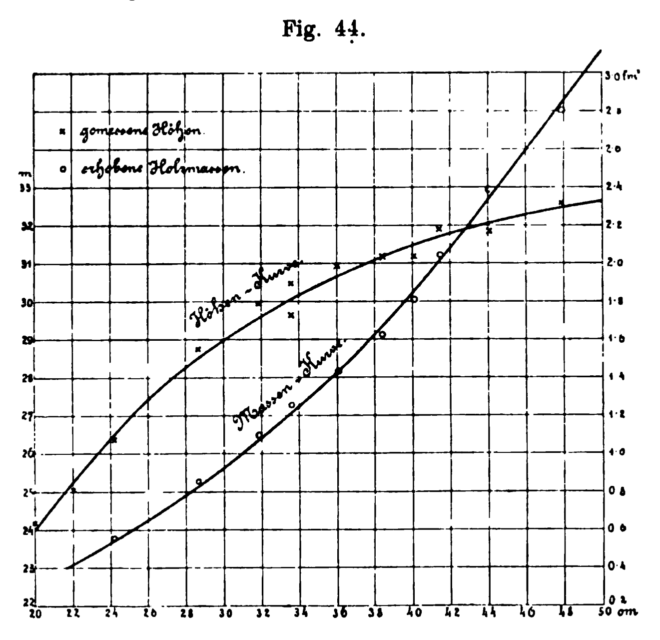
---

48) Prof. Dr. Kunze hat unter Voraussetzung einer bestimmten Abhängigkeit der Höhe von der Grundstärke für die Berechnung der Grundfläche des Mittelstammes die Formel aufgestellt $g = \sqrt{\frac{g_1^2 n_1 + g_2^2 n_2 + \ldots\ldots g_n^2 n_n}{N}}$, welche Formel stets einen etwas grösseren Durchmesser für den Mittelstamm ergiebt als die obige.

49) Vgl. Gehrhardt „Die theoretische und praktische Bedeutung des arithmetischen Mittelstammes" (Meiningen 1901) Seite 8.

Wenn man in gleicher Weise, wie dies in Fig. 42, 43 bezüglich der Prozente der Stammzahlen geschah, zu den als Abscissen aufgetragenen Durchmesserstufen die zugehörigen Höhen und Holzmassen der Stämme für die einzelnen Durchmesserstufen als Ordinaten aufträgt, so erhält man die dem betreffenden Bestande zukommenden Höhen- und Massenkurven (vgl. Fig. 44). Dieselben geben ein Bild der mit den zunehmenden Grundstärken ansteigenden Höhen und Holzmassen der betreffenden Stammklassen und gestatten die Bestimmung der Höhe oder Holzmasse für beliebige Stärkestufen im Wege der graphischen Interpolation. Von dieser sehr empfehlenswerten Ausgleichung und Interpolation aus einer Anzahl gemessener Höhen oder Holzmassen wird bezüglich ersterer zumeist bei der Aufnahme der Bestandesmasse nach Massentafeln, bezüglich der Holzmassen aber bei dem zuerst von Forstrat Kopezky[50]) angegebenen, dann von Professor Dr. Speidel[51]) weiter ausgebildeten Massenkurven-Verfahren Anwendung gemacht, auf welche beiden Verfahren wir noch später zurückkommen. Forstrat Kopezky hat nun in weiterer Ausbildung der an sich fruchtbaren Idee der Benützung der Massenkurve die weitere, für den Einblick in die Bestandesverhältnisse und für deren praktische Anwendung bedeutsame Entdeckung gemacht, dass die nach Grundflächenstufen (anstatt nach Durchmesserstufen) aufgetragenen Holzmassen, sowie auch die Produkte gh und gf der betreffenden Stämme arithmetische Reihen erster Ordnung, somit graphisch durch eine gerade Linie darstellbar sind. Damit ist nicht nur eine grössere Sicherheit in der Feststellung der Massenlinie, sondern auch die Möglichkeit einer genauen Berechnung der den Stämmen irgend einer Stärkestufe zukommenden Holzmasse gegeben.

Fig. 44.



Forstrat Kopezky empfiehlt daher auch, um von diesem Gesetze direkt Anwendung machen zu können, die Bestandesaufnahme nicht nach Durchmesserstufen, sondern nach Flächestufen auszuführen, zu welchem Zwecke die Kluppen eine nach Flächestufen ausgeführte Einteilung erhalten müssten.

§ 33. **Bestandesaufnahme nach Mittelstämmen.** Bei dem bisher üblichen, von Huber schon im Jahre 1824 und später auch von Karl Heyer empfohlenen Verfahren der Bestandesaufnahme nach Mittelstämmen wird angenommen, dass der Mittelstamm auch die mittlere Höhe und Formzahl des Bestandes repräsentiere, d. h. dass er die im vorigen § erwähnte Bedingung des idealen Mittelstammes, hf = HF,

50) Siehe Zentralblatt f. d. g. Forstwesen 1891 Seite 303, 1895 S. 511 und 1899 S. 471.
51) Beiträge zu den Wachstumsgesetzen des Hochwaldes. Tübingen 1893.

tatsächlich erfülle. Unter dieser Voraussetzung haben wir als die diesem Mittelstamm zukommende Grundfläche erhalten:

$$g = \frac{G}{N} = \frac{g_1 n_1 + g_2 n_2 + \ldots\ldots g_n n_n}{N},$$

es ist also der Mittelstamm in diesem Sinne derjenige, dem die arithmetisch mittlere Grundfläche aller Stämme zukommt, und man erhält dessen Grundstärke d, indem man die Stammgrundfläche des Bestandes (bezw. der Probefläche) durch die Gesamt-Stammzahl dividiert und zu dem so gefundenen g den zugehörigen Durchmesser einer Kreistafel entnimmt.

Es würde sich daraus das höchst einfache Verfahren ableiten, dass man im Bestande einen Stamm der obigen mittleren Grundfläche aufsucht, diesen genau kubiert und dessen Kubikinhalt mit der Stammzahl multipliziert, um die Holzmasse des Bestandes zu erhalten. Aber selbst, wenn die Voraussetzung zutrifft, dass im allgemeinen der Grundflächen-Mittelstamm zugleich der Massen-Mittelstamm ist, so würde bei den selbst in scheinbar gleichmässigen Beständen zu beobachtenden Schwankungen in der Höhe und Formzahl der Stämme derselben Stärkestufe es nicht genügen, nur einen Mittelstamm zu wählen und der Massenberechnung zugrunde zu legen; es wird vielmehr durch die Aufnahme mehrerer solcher Stämme eine Ausgleichung dieser Schwankungen angestrebt werden müssen. Bei sorgfältiger Auswahl werden übrigens 3—4 Modellstämme genügen, um eine richtige Durchschnittszahl für die Höhe und Formzahl des ganzen Bestandes zu erhalten.

Für die Berechnung der Gesamtmassen nach der Formel $M = mN$ müsste als m das arithmetische Mittel des an den Modellstämmen erhobenen Kubikinhaltes in Rechnung genommen werden; es ist daher diese Berechnung nicht einfacher als jene nach der Formel $M = m\frac{G}{g}$ (wobei als g die Summe der genau erhobenen Grundflächen aller Modellstämme und als m die Summe ihrer Kubikinhalte zu nehmen ist) und letztere daher in der Regel schon deshalb vorzuziehen, weil sie in der Auswahl der Modellstämme mehr Spielraum gewährt, als erstere, indem hier nicht strenge Mittelstämme erforderlich sind, und daher das Augenmerk mehr auf die entsprechende Höhe und Formausbildung der Modellstämme als auf deren genau richtige Grundstärke gerichtet werden kann.

Der Vorgang bei der Bestandesaufnahme nach Mittelstämmen ist demnach kurz folgender: Auskluppierung des Bestandes meist in Abstufung von 2 zu 2 cm; Aussetzen der Stammzahlen aller Stärkestufen und Aufsuchen ihrer Kreisflächen in einer Tafel; Bestimmung von N und G durch Summierung dieser Zahlen, dann des g aus $\frac{G}{N}$; Aufsuchen mehrerer Modellstämme von der diesem g entsprechenden Grundstärke, Fällung und Kubierung derselben[52]; Berechnung der Gesamtmasse aus $M = mN$ oder $M = m\frac{G}{g}$.

Die Anwendbarkeit dieses Verfahrens hängt offenbar davon ab, inwieweit zunächst allgemein, dann auch im einzeln gegebenen Falle die Voraussetzung als gegeben angenommen werden kann, dass der Grundflächen-Mittelstamm auch wirklich ein Mittelstamm der Masse ist, also der Forderung $hf = HF$ entspricht. Ueber die Bedingungen, unter welchen dies zutrifft, sind bereits verschiedene Untersuchungen, insbesondere von G. Heyer[53]) angestellt worden. Es ist naheliegend, dass diese Bedingung um so eher erfüllt sein wird, je gleichmässiger der Bestand ist, je geringere Schwankungen in den Grundstärken und Höhen gegeben sind und jemehr die Höhen- und Formzahlen im gleichen Sinne mit den

52) Ueber die Auswahl und Kubierung der Modellstämme siehe § 35.

53) Ermittlung der Masse, des Alters und des Zuwachses der Holzbestände. Dessau 1852.

Grundstärken zu- oder abnehmen. Wären die Höhen und Formzahlen aller Stärkestufen oder auch nur die Produkte derselben einander gleich, also $h_1 f_1 = h_2 f_2 = \ldots\ldots = HF$, so ergiebt sich aus

$$g = \frac{g_1 n_1 + g_2 n_2 + \ldots . g_n n_n}{N} \text{ oder } gN = g_1 n_1 + g_2 n_2 + \ldots\ldots g_n n_n,$$

wenn man beiderseits mit HF, bezw. $h_1 f_1$, $h_2 f_2$ etc. multipliziert, $gNHF = g_1 n_1 h_1 f_1 + g_2 n_2 h_2 f_2 + \ldots\ldots g_n n_n h_n f_n$ oder, da $gN = G$, $GHF = M$, also die richtige Bestandesmasse. Diese Voraussetzung ist jedoch für ganze Bestände im allgemeinen nicht zutreffend und könnte nur für ziemlich nahe liegende Durchmesserstufen als annähernd gegeben angenommen werden. G. Heyer hat auf Grund seiner vorgenommenen Untersuchungen nachgewiesen, dass der Grundflächen-Mittelstamm dann zugleich der wahre Massenmittelstamm sei, wenn die Beziehung $hf = HF - c + \frac{G}{g} c$ besteht, worin c eine für jeden Bestand durch besondere Untersuchung zu bestimmende Grösse darstellt. Heyer hat selbst, nachdem seine Untersuchungen an einer Anzahl von Versuchsbeständen nur teilweise übereinstimmende Resultate ergaben, dieser Beziehung keine weitere Bedeutung hinsichtlich der Verwendbarkeit des Mittelstammes für die Holzmassenaufnahme beigelegt. Erst in neuester Zeit hat dieses Verfahren durch die Untersuchungen Kopezky's, Speidels und Gehrhardts über die Massenkurve oder richtiger die Massenlinie, eine bedeutsame Stütze erhalten, indem insbesondere letzterer [54]) — zunächst für den Hauptbestand gleichaltriger und annähernd gleichmässiger Bestände — den Nachweis erbrachte, dass jene von Heyer aufgestellte Beziehung tatsächlich bestehe, und dass der Grundflächen-Mittelstamm zugleich die wahre mittlere Bestandeshöhe und somit auch die mittlere Bestandesformzahl aufweise. Wenn damit die Verwendung des Mittelstammes für die Bestandesaufnahme neuerdings zu Ehren gebracht ist, so ist doch dieses Verfahren mit dem vorbeschriebenen, bisher üblichen, keineswegs identisch, da die Holzmasse irgend eines oder auch einiger, dem Bestande entnommener Mittelstämme mit der aus der Massenkurve abgeleiteten Masse des idealen Mittelstammes nicht immer übereinstimmen wird; auch erfordert die sichere Feststellung der Massenkurve die Aufnahme einer grösseren Zahl von Probestämmen verschiedener Durchmesserstufen, wogegen bei dem bisherigen Verfahren grundsätzlich nur Mittelstämme als Modellstämme verwendet wurden.

§ 34. **Bestandesaufnahme nach Stärke- oder Höhenklassen.** Nach unserer in § 28 gegebenen Auffassung, dass unter Anwendung der Formel $M = m \frac{G}{g}$ für die Berechnung der Holzmasse des Bestandes oder einer Stammgruppe aus jener der Probestämme — durch die letzteren die mittlere Höhe und Formzahl des Bestandes oder der betreffenden Stammgruppe erhalten werden soll, hat die Bildung von Stärke- und Höhenklassen hauptsächlich den Zweck, solche Stammgruppen im Bestande zu bilden, innerhalb welcher die Auswahl richtiger Repräsentanten für die durchschnittliche Höhe und Formausbildung erleichtert, beziehungsweise jenen Bedingungen entsprochen wird, unter welchen die gewählten Modellstämme als Mittelstämme ihrer Gruppe hinsichtlich der Höhe und Formzahl angesehen werden können. Da diese Bedingung nach unseren früheren Ausführungen am ehesten beim Grundflächen-Mittelstamm gegeben ist, so wird man auch für die einzelnen Klassen Modellstämme entnehmen, welche wenigstens annähernd der arithmetisch mittleren Grundfläche derselben entsprechen; es ist auch dieses Verfahren ein solches nach Mittelstämmen, nur dass nicht solche des ganzen Bestandes, sondern Klassenmittelstämme für die Massenberechnung benützt werden.

Von den zahlreichen Fällen, welche hinsichtlich der gegenseitigen Beziehungen der Grundstärken, Höhen und Formzahlen im allgemeinen aufgestellt werden können [55]), haben für die Praxis der Bestandesaufnahme nur jene eine Bedeutung, welche nach unserer Kenntnis der Bestandesverhältnisse im allgemeinen als in einzelnen Beständen möglicherweise gegeben betrachtet werden können.

54) Gehrhardt, a. a. Orte, Seite 27, 28.

55) Siehe bei G. Heyer; Ermittelung der Masse etc. der Holzbestände, dann in der 1. Auflage dieser Schrift, Seite 162, 163.

Nach unseren Ausführungen in § 32 ist in gleichalterigen und mehr regelmässigen Beständen die Höhe als eine Funktion der Grundstärke und die Formzahl als eine solche der Grundstärke und Höhe (bei geringerem Unterschiede der Grundstärken auch als eine solche der Höhe allein) zu betrachten, wogegen in sehr ungleichaltrigen und unregelmässigen Beständen die Höhen und Formzahlen zumeist als von der Grundstärke unabhängig verschieden anzunehmen sind; ferner werden in ersterem Falle die Höhen und Formzahlen innerhalb kleinerer Durchmesserabstufungen (Stärkeklassen oder Stärkestufen) als nahezu konstant angenommen werden können. Wie wir bereits im vorigen § nachgewiesen, gelten in diesem letzteren Falle die Beziehungen $g = \frac{G}{N}$ und $M = mN$ oder $m = m\frac{G}{g}$ d. h. der Grundflächen-Mittelstamm ist ein richtiger Massenmittelstamm.

Es kann demnach durch Bildung von Stärkeklassen oder Aufnahme nach Stärkestufen die Bedingung einer richtigen Massenermittlung aus dem Mittelstamm für die betreffende Stammgruppe stets hergestellt werden, wenn die Höhen- und Formzahlen als von der Grundstärke gesetzmässig abhängig betrachtet werden können. Sind die Höhen unregelmässig verschieden, die Formzahlen aber als hauptsächlich von der Höhe abhängig zu betrachten, so genügt die Bildung von H ö h e n k l a s s e n, um wieder die Bedingung jenes einfachsten Falles herzustellen, sind aber bei gleichzeitig grösseren Unterschieden der Grundstärke die Höhen und Formzahlen unregelmässig verschieden, so ist die sichere Bestimmung eines Modellstammes selbst innerhalb einzelner Stärke- und Höhenklassen nicht möglich; es müssen vielmehr Stärke- u n d Höhenklassen gebildet und müsste der in diesen Klassen noch bestehenden Schwankung der Formzahlen durch die Auswahl mehrerer Modellstämme Rechnung getragen werden.

Die Bildung von Formklassen d. h. von Stammgruppen mit annähernd gleicher Formzahl ist, da die Formzahlen nicht gemessen, und auch nicht leicht wie die Höhen nach Klassen eingeschätzt werden können, praktisch unausführbar; es kann daher die Wahrscheinlichkeit der Erlangung der richtigen mittleren Formzahl selbst bei scheinbar gleichmässigen Beständen nur durch eine grössere Zahl von Modellstämmen und sorgfältige Auswahl derselben erzielt werden. Dabei ist nicht nötig, in jeder Stärke- oder Höhenklasse eine grosse Anzahl solcher zu entnehmen, wenn bei der Verteilung derselben auf die Möglichkeit einer Fehlerausgleichung zwischen den einzelnen Klassen Rücksicht genommen wird.

Es wird daher je nach den gegebenen Bestandesverhältnissen zu beurteilen sein, ob im einzelnen Falle Stärke- oder Höhenklassen oder auch beide zugleich gebildet werden sollen, oder ob die Aufnahme nach Bestandes-Mittelstämmen genügt.

Die Bildung von S t ä r k e k l a s s e n liegt dabei schon des grösseren Unterschiedes der Grundstärken wegen am nächsten und ist auch, da durch die Auskluppierung alle Stärkestufen mit ihrer Stammzahl vorliegen, ohne alle Umständlichkeit ausführbar; dabei können bei nicht zu weiten Grenzen der in eine Klasse vereinigten Durchmesser die Höhen und Formzahlen bereits (abgesehen von den individuellen Schwankungen) als nahezu konstant angenommen und demnach die einzelnen Stärkeklassen nach ihren Mittelstämmen aufgenommen werden. In der That werden auch bei entsprechender Bildung der Stärkeklassen die Höhen und Formzahlen innerhalb einer solchen in der Regel nicht mehr schwanken, als dies auch bei den Stämmen der einzelnen Stärkestufen der Fall ist. In den meisten Fällen werden nach unseren früheren Ausführungen mit der Bildung von Stärkeklassen auch zugleich in der Hauptsache die Höhenklassen gebildet sein; nur in sehr unregelmässig erwachsenen Beständen wird, wenn die Höhen auch in den einzelnen Stärkeklassen noch beträchtlich verschieden sind, die Ausscheidung

von Höhenklassen notwendig sein.

Bei der Bildung der Stärkeklassen kann von drei verschiedenen Gesichtspunkten ausgegangen werden, indem man dieselben bilden kann:

a. nach gleichen Abstufungen der Grundstärke, also durch Zusammenfassen von je etwa 3—5 Stärkestufen des Aufnahmsbuches in eine Klasse,

b. nach den im Bestande selbst ausgeprägten (meist 3—5) Stammklassen,

c. nach gleichen Stammzahlen für jede Klasse, indem man also die Gesamtzahl N durch die Anzahl x der zu bildenden Klassen dividiert und jeder Klasse $\frac{N}{x}$ Stämme zuweist.

Die erstere Methode würde allerdings eine gleiche Abgrenzung der Stärkeunterschiede in den einzelnen Klassen geben, sie hat aber, da im Bestande zumeist die mittleren Stärkestufen am meisten, die geringeren und stärkeren weniger, die stärksten aber nur in einzelnen Exemplaren vertreten sind, den Nachteil, dass einzelne Klassen oft nur wenige, andere eine grosse Zahl von Stämmen umfassen; auch entspricht diese Abgrenzung selten der wirklichen Verteilung der Stammkategorien im Bestande.

Die unter b. gegebene Abgrenzung der Stärkeklassen entspricht durch das Zusammenfassen je solcher Stammgruppen, welche im Bestande in bezug auf Höhe, Standraum und Kronenausbildung als zusammengehörig erscheinen, unstreitig am meisten dem Grundgedanken der Stärkeklassenbildung.

In den meisten Beständen lassen sich mindestens drei Stammklassen, eine geringe mit beengtem Standraum und meist nicht voller Bestandeshöhe, eine mittlere mit freierer Kronenausbildung und voller Bestandeshöhe und eine dritte Klasse von stärkeren und meist auch über die Durchschnittshöhe sich erhebenden (dominierenden) Stämmen ziemlich scharf abgrenzen, zu welchen Klassen eventuell noch weitere von unterdrückten Stämmen (Nebenbestand) oder von älteren Ueberständern hinzukommen, oder zwischen welchen vielleicht noch eine Kategorie von gering mitherrschenden Stämmen unterschieden werden kann, so dass also meist 3—5 solche Stammklassen zu bilden sein werden.

Nach den Erfahrungen des Verfassers hält es in den meisten Fällen nicht schwer, die Abgrenzung der einzelnen Klassen nach der Auskluppierung im Aufnahmsbuche vorzunehmen, wenn man schon während der Aufnahme sein Augenmerk darauf richtet, zu beobachten, von welcher Grundstärke ab die Stämme zumeist bereits in die mittlere oder in die stärkste Kategorie gehören.

Sind solche Stammklassen nicht wohl nach bestimmten Durchmesserstufen trennbar oder überhaupt weniger scharf zu unterscheiden, so empfiehlt es sich, die Stärkeklassen mit annähernd gleichen Stammzahlen zu bilden, wodurch auch bei Fällung von je 1—3 Modellstämmen für jede Klasse diese gleichmässig mit Probestämmen bedacht sind. Die Zahl der Stärkeklassen wird auch in diesem Falle meist mit 3—5 genommen, je nach der Ungleichheit des Bestandes und der grösseren oder geringeren Anzahl von Probestämmen, welche gefällt werden sollen.

Bei Stärkeklassen mit gleicher Stammzahl ist es naheliegend und auch allein dem Prinzipe dieser Klassenbildung entsprechend, wenn für jede Klasse gleich viele Modellstämme gewählt werden; dagegen würde es bei ungleicher Verteilung der Stämme in die Klassen, wie solche bei den sub a. und b. bezeichneten Verfahren meist gegeben ist, nicht berechtigt sein, für Stärkeklassen mit nur wenigen Stämmen ebensoviel Probestämme zu fällen, wie für jene, welche den grösseren Teil der Stämme und somit auch der Holzmasse des Bestandes repräsentieren; es werden also hier die Probestämme auf die einzelnen Klassen ungleich zu verteilen sein. Bei dieser Verteilung,

bezw. der Bestimmung der Anzahl von Modellstämmen für jede Stärkeklasse, ist zu berücksichtigen:

a. Die Bedeutung der betreffenden Klasse für den Gesamtbestand, also der Anteil, den dieselbe an der Holzmasse des ganzen Bestandes nimmt.

b. Die Gleichmässigkeit der Klassenstämme in bezug auf Höhe und Form, bezw. die grössere oder geringere Schwierigkeit, richtige Repräsentanten für die betreffende Klasse zu wählen.

c. Die Möglichkeit einer Ausgleichung der durch die Wahl nur eines oder weniger Modellstämme für jede Klasse verursachten Fehler zwischen den einzelnen Stärkeklassen. Die Wahrscheinlichkeit einer solchen Fehlerausgleichung ist offenbar nur dann gegeben, wenn jeder Modellstamm annähernd einen gleichen Anteil der Gesamtmasse des Bestandes repräsentiert.

Die Verteilung der Modellstämme erfolgt nun in der Regel entweder nach dem Verhältnisse der Stammzahl oder nach dem Verhältnisse der Stammgrundfläche der einzelnen Stärkeklassen, von welchen Verfahren das letztere mehr den eben bezeichneten Bedingungen entspricht.

Die Verteilung der Probestämme nach Verhältnis der Stammzahlen sichert allerdings eine gleiche relative Genauigkeit in der Erhebung der einzelnen Klassen, welche jedoch hier, da es sich nicht um die Holzmasse der einzelnen Stärkeklassen sondern nur um die Gesamtmasse handelt, nicht von wesentlicher Bedeutung ist; dagegen wird durch die Berücksichtigung der Stammgrundflächen bei der Verteilung der Probestämme mit einer bestimmten Zahl von solchen (welche allerdings in diesem Falle eine grössere Holzmasse repräsentieren als im ersteren) die grösste absolute Genauigkeit des Gesamtresultates erzielt.

Es möge dies an einem der Wirklichkeit entnommenen Beispiele einer Bestandesaufnahme illustriert werden. Es wurden auf einer Probefläche von 1 Ha eines haubaren Fichtenbestandes nach den im Bestande ausgeprägten Stammklassen drei Stärkeklassen gebildet, und es sollen im Ganzen 6 Modellstämme gefällt werden, deren Verteilung nach der Stammzahl mit ν, nach der Stammgrundfläche mit ν' bezeichnet ist. N ist die Stammzahl, G die Stammgrundfläche in m^2, M die Holzmasse in fm^3 der einzelnen Klassen und im Ganzen:

Stärkeklasse	N	G	ν	ν'	M
I	165	6.74	2	1	72
II	237	23.75	3	3	345
III	86	17.97	1	2	241
Im ganzen	488	48.46	6	6	658

Die mittlere Klasse erhält demnach in beiden Fällen drei Probestämme, dagegen wird im ersteren Falle die geringe Stammklasse, im letzteren Falle aber die starke Stammklasse mit zwei Modellstämmen bedacht, welches letztere bei der bedeutenden Holzmasse, welche diese Klasse repräsentiert, entschieden vorzuziehen ist. Nehmen wir an, dass durch die Auswahl nur eines Modellstammes infolge der individuellen Schwankungen in der Höhe und Formzahl der Stämme ein Fehler von 5 Prozent ebensowohl bei der geringsten als bei der stärksten Stammklasse begangen wird, so beträgt dieser Fehler, wenn für Klasse I nur ein Modellstamm genommen wird, für das Gesamtresultat $\frac{72 \times 5}{100} = 3.6$ fm oder 0.5 % desselben; wenn für Klasse III nur ein Modellstamm genommen wird, $\frac{241 \times 5}{100} = 12.0$ fm oder 2 % der Gesamtmasse. — In der Regel sind jedoch die individuellen Schwankungen in der Stammhöhe und -Form bei den stärksten Stämmen bedeutend grösser und die Auswahl guter Repräsentanten daher hier schwieriger als in den mittleren und geringen Stammklassen, es müsste daher die stärkste Klasse schon für gleiche relative Genauigkeit eine verhältnismässig grössere Zahl von Modellstämmen erhalten.

Endlich ist auch für die Fehlerausgleichung zwischen den einzelnen Modellstämmen die Verteilung derselben nach ν' entschieden die günstigere.

Von den beiden Verfahren der Probestammverteilung entspricht das erstere (nach Verhältnis der Stammzahlen) der Auffassung der Holzmasse des Bestandes (bezw. der Stärkeklassen) als $M = mN$, das letztere (nach Verhältnis der Stammgrundflächen) aber der Auffassung nach $M = GHF$ (bezw. $M_1 = G_1 H_1 F_1$, $M_2 = G_2 H_2 F_2$ etc. für die Stärkeklassen); im ersteren Falle will man die erhobenen Massen der einzelnen Modellstämme (m) mit annähernd gleichen Stammzahlen multiplizieren, im zweiten trachtet man den Faktor HF (bezw. $H_1 F_1$, $H_2 F_2$ . .) um so genauer zu erheben, je grösser der zweite Faktor G (bezw. G_1, G_2 etc.) ist, welcher damit multipliziert werden soll. Auch hier ist die zweite Auffassung insoferne die berechtigtere, als die Stammgrundfläche der einzelnen Klassen bereits durch die Auskluppierung gegeben ist, daher die Aufnahme der Modellstämme stets nur den Zweck hat, den Faktor HF zu bestimmen, wenn wir auch diesen Faktor in der Regel nur indirekt in der Form $\frac{m}{g}$ in Rechnung bringen[56]).

Dieselben Erwägungen bezüglich der Zahl und Verteilung der Modellstämme gelten auch für den Fall als Höhenklassen ausgeschieden werden. Die Bildung der Höhenklassen erfolgt, nachdem man zuvor die Grenzen der vorkommenden Stammhöhen durch mehrere Messungen bestimmt hat, in der Regel nach gleichen Abstufungen der Stammhöhen. (Hätte man z. B. jene Grenzen mit 20—35 m gefunden, so könnten 3 Höhenklassen mit der Abstufung von 20—25 m, 25—30 m und 30—35 m gebildet werden.) Die Einreihung der einzelnen Stämme in die Höhenklassen erfolgt zugleich mit der Stärkeaufnahme der Stämme durch Einschätzen in die betreffenden Höhenstufen. Die Bildung der Höhenklassen erfolgt daher stets vor der Auskluppierung des Bestandes, während die Stärkeklassen erst nach der Auskluppierung auf Grund der Ergebnisse derselben gebildet werden.

Für die einzelnen Höhenklassen können entweder Mittelstämme für die ganze Klasse berechnet oder innerhalb dieser wieder Stärkeklassen ausgeschieden werden; man zerlegt eben durch die Bildung von Höhenklassen den ganzen ungleich hohen Bestand in so viele annähernd gleich hohe Bestände, als Höhenstufen gegeben sind.

Die Berechnung der Holzmasse erfolgt sowohl bei Stärke- als bei Höheklassen stets für jede Klasse besonders und die Gesamtmasse des Bestandes ergiebt sich aus der Summe der in den einzelnen Klassen erhobenen Holzmassen. Es liegt hierin ein charakteristischer Unterschied dieser Aufnahmsmethode gegenüber den nachfolgenden Verfahren, bei welchen die Berechnung meist direkt für die ganze Bestandesmasse erfolgt. Da die gewählten Modellstämme Mittelstämme ihrer Klasse sind, so erfolgt die Aufnahme und Berechnung der Holzmasse für die einzelnen Stärke- oder Höhenklassen nach dem am Schlusse des vorigen § angegebenen Vorgange. Dabei ist auch hier wieder, schon des freieren Spielraumes bei der Auswahl der Modellstämme wegen, die Berechnung nach der Formel $M = m \frac{G}{g}$ vorzuziehen; nur wenn für die eine oder andere Klasse nur ein genauer Mittelstamm gefällt wurde, wird man kürzer und ebenso richtig deren Holzmasse nach $M = mN$ berechnen.

Hat man z. B. drei Stärkeklassen gebildet und sind G_1, G_2, G_3 deren Stammgrundflächen, m_1, m_2, m_3 und g_1, g_2, g_3 die Massen und Stammgrundflächen der für jede Klasse gefällten Modellstämme, so ist die Holzmasse der einzelnen Klassen $M_1 = m_1 \frac{G_1}{g_1}$, $M_2 = m_2 \frac{G_2}{g_2}$, $M_3 = m_3 \frac{G_3}{g_3}$ und die Holzmasse des ganzen Bestandes $M = M_1 + M_2 + M_3$.

56) Die Masse eines oder auch mehrerer Modellstämme ist, da diese die Durchschnittshöhe und -Formzahl HF repräsentieren, $m = gHF$; also $\frac{m}{g} = HF$.

Das nachstehende Muster 2 (Seite 238) giebt ein Beispiel der Bestandesaufnahme nach Stärkeklassen.

§ 35. Bestandesaufnahme nach Stärkestufen. Verfahren von Draudt, Urich und Hartig. Für die blosse Bestimmung der Holzmasse eines Bestandes wird in den meisten Fällen die Aufnahme nach einer der vorbezeichneten Methoden genügen, namentlich, wenn dabei von der Ermittlung der Holzmasse des Mittelstammes für den ganzen Bestand oder für einzelne Stammklassen aus der Massenkurve Gebrauch gemacht wird.

Anders jedoch, wenn zugleich der Wert des Bestandes und zu diesem oder irgend einem anderen Zwecke auch dessen Sortimentsergebnis bestimmt werden soll, da der Massenmittelstamm keineswegs immer auch ein Wertsmittelstamm sein wird, und für die Bestimmung des Sortimentsergebnisses alle vorkommenden Durchmesserstufen berücksichtigt werden müssen. Auch für die Massenaufnahme allein kann es jedoch, insbesondere wenn aus irgend einem Grunde eine grössere Zahl von Modellstämmen genommen werden soll, erwünscht sein, dieselben auf alle bei der Auskluppierung erhaltenen Stärkestufen zu verteilen.

Schon in diesem Falle, insbesondere aber für die Feststellung der im Bestande vorhandenen Sortimente und deren Anteil an der Gesamtmasse wird es am zweckmässigsten sein, die Modellstämme so auszuwählen, dass sie in ihrer Zusammenstellung ein Modell des Bestandes, bezw. seiner Stammverteilung, repräsentieren.

Es wird dies aber nur dann der Fall sein, wenn in den Modellstämmen möglichst alle Stärkestufen des Bestandes und zwar in demselben Verhältnisse ihrer Stammzahl wie im Bestande selbst vertreten sind, wenn also Modellstämme für alle Stärkestufen und zwar proportional zur Stammzahl derselben gewählt werden.

Diesem ebenso einfachen, als für die Bestandesaufnahme wertvollen Grundgedanken entspricht das von Ministerialrat Dr. Draudt begründete Verfahren[57]). Soll der xte Teil aller Stämme eines Bestandes oder einer Probefläche als Modellstämme gefällt werden, so ist deren Gesamtzahl $\nu = \frac{N}{x}$ und die Zahl der Modellstämme für die einzelnen Stärkestufen muss nach Obigem $\nu_1 = \frac{n_1}{x}$, $\nu_2 = \frac{n_2}{x}$ u. s. w. sein. Da nun auf diese Weise der xte Teil der Stämme in genau gleicher Zusammensetzung der Stärke- (eventuell auch der Höhen)-Stufen, wie jene des ganzen Bestandes als Probeholz gefällt werden, so ist auch ohne besonderen Beweis klar, dass diese Stämme auch den xten Teil der Gesamtmasse des Bestandes und ebenso mit ihrer Stammgrundfläche den xten Teil der Gesamtstammgrundfläche repräsentieren, dass ferner, wenn die Holzmasse der Probestämme nach Sortimenten aufgearbeitet wird, auch die hiebei erhaltene Menge der einzelnen Sortimente je den xten Teil der Masse des ganzen Bestandes an dem betreffenden Sortimente beträgt, bezw. das Ergebnis an solchen in gleichem Verhältnisse (in gleichem Prozentsatze) auch auf den ganzen Bestand übertragen werden kann.

Es ist also $M = m \, . \, x = m \frac{N}{\nu}$; ebenso $G = g \, . \, x$, wobei m und g die Holzmasse und Stammgrundfläche aller Probestämme zusammen und ν ihre Stammzahl bedeutet; und ebenso, wenn m_1, m_2 . . . die aus allen Probestämmen erhaltene Masse an einzelnen Sortimenten ist, $M_1 = m_1 \, . \, x$, $M_2 = m_2 \, . \, x$ etc.

Da aber die Berechnung der Modellstammzahl für die einzelnen Stärkestufen nach $\nu_1 = \frac{n_1}{x}$, $\nu_2 = \frac{n_2}{x}$ u. s. w. meist Bruchteile von Probestämmen ergiebt, die auf

57) Siehe Draudt, Die Ermittelung der Holzmassen. Giessen 1860.

Muster 2.

Forst Ofenbach Abteilung 33b Rentwald	Der Probefläche Länge 100 m Breite 80 m Inhalt 0.8 Ha	Alter 135 Jahre Bestockung 0.9

Durchmesser bei 1.3 m Höhe in Zentimetern	Holzart Fi. einz. Ta.		Summe der Stämme	Kreisflächen-Summe Quadratmeter	Der Modellstämme: Durchmesser cm	Kreisfläche m²	Holzmasse fm	Scheitelhöhe m	Formzahl	Alter Jahre	Anmerkung
20	//// //// ; ///	I	13	0.408							
22	//// //// ; //// /	I	16	0.608							

24	////
	//// ; ////
	//// ; //
		I	22	0.995	25.1	0.0495	0.652	28.0	0.47	135	

26	//// //// ; //// //// ; //// //	I	27	1.433			0.017	Astholz			Astmasse = 2.6 %
28	//// //// ; //// //// ; //// //// ; ////	I	35	2.155							

30	////
	//// ; ////
	//// ; ////
	//// ; //
		II	32	2.262							

32	////
	//// ; ////
	//// ; ////
	//// ; ///
	///
		II	38	3.056							

34	//// //// ; //// //// ; //// //// ; //// //// ; //// //	II	47	4.267	35.3	0.0979	1.608	34.2	0.48	133	
36	//// //// ; //// //// ; //// //// ; /	II	31	3.155	34.7	0.0946	1.563	33.7	0.49	136	

38	////
	//// ; ////
	//// ; ////
	//// ; //
		II	32	3.629		0.1925	3.171				Astmasse = 3.0 %

40	//// //// ; //// //// ; //// ///	II	28	3.518			0.095	Astholz			
42	//// //// ; //// //// ; //// //// ; ////	III	35	4.849							
44	//// //// ; //// ////	III	20	3.041							

46	////
	//// ; ////
	//// ; //
		III	22	3.656	46.0	0.1662	2.719	34.8	0.47	134	

48	//// //// ; ////	III	15	2.714	46.5	0.1698	2.745	35.1	0.46	135	
50	//// //// ; ////	III	14	2.749		0.3360	5.464				Astmasse = 4.8 %
52	////	III	5	1.062			0.260	Astholz			
54	//// /	III	6	1.478							
	Stärkeklasse	I	113	5.599							
	"	II	208	19.887							
	"	III	117	19.549							
	Gesamtsumme		438	45.035							

Berechnung der Mittelstämme:

$g_{m_1} = 5.599 : 113 = 0.0495\ m^2 \quad d_1 = 25.1$ cm

$g_{m_2} = 19.887 : 208 = 0.0956\ m^2 \quad d_2 = 34.9$ cm

$g_{m_3} = 19.549 : 117 = 0.1671\ m^2 \quad d_3 = 46.1$ cm

Berechnung der Holzmasse:

$M_1 = 0.652 \times 113 = 73.68$ fm

$M_2 = 3.171 \times \frac{19.887}{0.1925} = 327.59$ „

$M_3 = 5.464 \times \frac{19.549}{0.3360} = 317.89$ „

Holzmasse der Probefläche = 719.16 fm (Stammholz)

hiezu Astmasse 4 % = 28.76 „ (Astholz)

Gesamtmasse = 747.92 fm

Die Spalten für die Scheitelhöhe, Formzahl und das Alter der Modellstämme sind für die Berechnung der Holzmasse nicht erforderlich; diese Zahlen werden daher nur dann eingetragen, wenn die betreffenden Daten sonst zur Charakteristik des Bestandes erwünscht sind.

ganze Stämme abgerundet werden müssen, so kann in Wirklichkeit nicht immer genau der xte Teil jeder Stärkestufe gefällt werden, und es ist deshalb zweckmässig, auch hier statt des Verhältnisses der Stammzahlen das Verhältnis der Stammgrundflächen für die Berechnung zu verwenden. Da $G = gx$ oder $x = \frac{G}{g}$, so gilt auch hier die Gleichung

$$M = m \frac{G}{g}, \text{ ebenso für die Sortimente}$$

$$M_1 = m_1 \frac{G}{g}, \quad M_2 = m_2 \frac{G}{g} \text{ u. s. w.}$$

Die Anwendung dieser Formel für die Berechnung der Holzmasse des Bestandes bietet auch hier den wesentlichen Vorteil, dass einerseits die Abrundung in der Zahl der Modellstämme für die einzelnen Stärkestufen unschädlich wird und dass andrerseits die gewählten Stämme nicht genau dem Mittel der betreffenden Stufe entsprechen müssen, denn sie giebt, wie wir schon früher nachgewiesen haben, auch hier insolange ein richtiges Resultat, als man annehmen darf, dass die Probestämme in ihrer Zusammenstellung auch die durchschnittliche Höhe und Formenzahl des Bestandes richtig repräsentieren.

Man kann dabei, wie dies auch Draudt selbst ursprünglich getan hat, auch von einem bestimmten Prozentsatz p der aus jeder Durchmesserstufe zu nehmenden Modellstämme ausgehen; es ist dann $\nu_1 = \frac{n_1 p}{100}$, $\nu_2 = \frac{n_2 p}{100}$ etc. und die Gesamtzahl aller Modellstämme $\nu = \frac{Np}{100}$; ferner müssten die Grundfläche, Gesamtmasse, sowie die Masse der einzelnen Sortimente, welche alle Modellstämme zusammen ergeben, wieder p Prozent der Grundfläche, Gesamtmasse etc. des ganzen Bestandes betragen, wenn jener Prozentsatz in den einzelnen Durchmesserstufen genau eingehalten werden könnte, was aber hier ebensowenig möglich ist, wie oben bezüglich des xten Teiles der Stammzahlen. Das Verfahren ist ganz das gleiche, nur dass hier statt $\frac{1}{x}$ der Ausdruck $\frac{p}{100}$ gesetzt wird. In der Regel wird zunächst die Zahl der zu entnehmenden Modellstämme ν festgesetzt und daraus $p = \frac{\nu 100}{N}$ oder $x = \frac{N}{\nu}$ bestimmt.

Für die Ausführung des Verfahrens wird der Bestand in nicht zu kleinen Durchmesserabstufungen (bei grösseren Stärkeunterschieden meist von 4 zu 4 cm) auskluppiert und wird sodann nach Festsetzung der Verhältniszahl x (bezw. der Gesamtprobestammzahl ν) für jede Stärkestufe jene Zahl der Probestämme festgestellt, welche dem Bruche $\frac{n_1}{x}$, $\frac{n_2}{x}$ am nächsten kommt. Von jenen Stärkestufen, welche für sich keine ganzen Modellstämme ergeben, werden so viele zusammengefasst, als für je einen Modellstamm erforderlich ist, und es ist, falls mehrere solche Stufen zusammengenommen werden müssen, die Grundstärke des für dieselben zu wählenden Modellstammes in gleicher Weise wie bei den Stärkeklassen zu berechnen. Von sämtlichen Probestämmen wird die Grundstärke und deren Kreisfläche genau notiert, dann werden dieselben entweder nach Festmass kubiert oder nach Aufarbeitung aller Stämme in Sortimente deren Inhalt und Menge gemessen und sodann die Bestandesmasse nach obiger Formel berechnet. Wären in dem aufzunehmenden Bestande die Stammhöhen auch in den einzelnen Stärkestufen noch beträchtlich verschieden, so müssten die verschiedenen Höhenstufen bei der Auswahl der Modellstämme berücksichtigt, oder es müsste der ganze Bestand in Höhenklassen getrennt und jede dieser für sich in der vorbezeichneten Weise aufgenommen werden.

Ein wesentlicher Vorzug des Draudt'schen Verfahrens ist, abgesehen von der Genauigkeit, welche dasselbe für die Massenerhebung bietet, die Möglichkeit, sämtliche

Probestämme gemeinsam aufarbeiten und ihren Massengehalt im ganzen oder in Sortimenten gemeinsam bestimmen und in Rechnung bringen zu können, welcher Vorteil namentlich bei der Aufarbeitung in Sortimenten von Bedeutung ist; ferner der Umstand, dass dasselbe für die Beurteilung des Sortimentsergebnisses eines Bestandes die beste Grundlage bietet.

Es ist dasselbe daher für genaue Bestandesaufnahmen überhaupt (insofern die Fällung einer grösseren Probestammzahl zulässig ist) und besonders für solche Massenaufnahmen sehr zu empfehlen, welche einer Wertsbestimmung zugrunde gelegt oder bei welchen sonst die Sortimentsverhältnisse genau bestimmt werden sollen.

Forstmeister Urich geht bei dem von ihm vorgeschlagenen Verfahren [58]), welches in dem Prinzipe der proportionalen Verteilung der Modellstämme mit dem Draudt'schen übereinstimmt, von der bereits im vorigen § (S. 234 sub c) erwähnten Bildung von Stammklassen mit gleicher Stammzahl aus, zu welchem Zwecke, da die Stammzahlen der bei der Auskluppierung gebildeten Stärkestufen solche in der Regel nicht ergeben, diese je nach Umständen zusammengelegt oder zerteilt und Stammgruppen von je n Stämmen gebildet werden, für welche dann je ein (oder auch mehrere) Modellstämme zu wählen sind.

Die Grundstärke dieser Modellstämme wird daher auch nicht, wie bei dem vorigen Verfahren, stets in der Mitte der gewählten Durchmesserabstufungen, sondern häufig zwischen diesen zu nehmen sein. Es ist dieses Zusammenziehen von Stämmen aus verschiedenen Durchmesserstufen zu einer Stammgruppe deshalb wohl berechtigt, weil die Stärkeabstufung vom Taxator willkürlich gewählt ist und die Grundstärken der Stämme einer Durchmesserstufe in Wirklichkeit alle Uebergänge von der vorausgehenden bis zur folgenden Stärkestufe darstellen.

Bei der Ausführung werden, von der geringsten oder stärksten Durchmesserstufe ausgehend, stets $n = \frac{N}{x}$ Stämme in eine Klasse zusammengefasst und für diese der entsprechende Mittelstamm bestimmt.

Eine spezielle Berechnung der Durchmesser der zu wählenden Modellstämme für die einzelnen Gruppen ist hiebei in der Regel nicht notwendig; es lässt sich vielmehr, weil die meisten Gruppen nur aus 2—3 Durchmesserstufen zusammengesetzt sein werden, die Stärke des Mittelstammes hinlänglich genau ohne weiteres aus dem Verhältnisse der Stammzahlen dieser Stufen in der betreffenden Gruppe bestimmen. Es kommt eben auch hier, wie schon wiederholt hervorgehoben wurde, bei der Berechnung der Bestandesmasse nach der Formel $M = m \frac{G}{g}$ vielmehr darauf an, dass die Modellstämme die durchschnittliche Höhe und Formzahl ihrer Stammklasse, als dass sie genau die mittlere Masse derselben repräsentieren. Nur in dem Falle, als eine grössere Zahl von Stärkestufen in eine Gruppe vereinigt werden muss, wird es zweckmässig sein, deren mittlere Kreisfläche nach $g = \frac{G}{n}$ zu berechnen.

Die Bestandesaufnahme erfolgt im übrigen in gleicher Weise wie früher und gelten alle früher hervorgehobenen Vorzüge des Draudt'schen Verfahrens in gleicher Weise für dieses Verfahren.

Insofern Urich selbst nur eine geringere Zahl von Stammklassen bildet und für jede derselben mehrere Probestämme entnimmt, wäre sein Verfahren der Aufnahme nach Stärkeklassen zuzuzählen, nur dass diese Klassen nicht direkt aus den aufgenommenen Durchmesserstufen, sondern unabhängig von diesen gebildet werden. Wir geben jedoch der oben dargestellten und in Muster 3 durch ein Beispiel erläuterten Ausführung, wonach

58) Allg. F. u. J.Z. 1860. S. 381.

so viele Stammgruppen gebildet werden, als man Modellstämme nehmen will, insbesondere dann den Vorzug, wenn damit auch die Sortimentsverhältnisse erhoben werden sollen.

Von den beiden eben angeführten Verfahren von Draudt und Urich ist das von Robert Hartig eingehaltene Verfahren[59]) in seinem Prinzipe verschieden. Hartig bildet ebenso wie Urich auf Grund des Aufnahmergebnisses Stammgruppen durch Zuteilung der Stärkestufen, aber nicht mit gleicher Stammzahl, sondern Gruppen von gleicher Stammgrundfläche, für welche dann je ein Modellstamm (bei Bildung weniger und grösserer Stammgruppen auch je 2—3 solche) aufgenommen wird. Hartig geht hiebei von denselben Erwägungen aus, welche wir bereits bei Beurteilung der Verteilung der Modellstämme für Stärkeklassen im vorhergehenden § hervorgehoben haben, und bietet dieses Verfahren, da die einzelnen Stammgruppen, für welche je ein Modellstamm gefällt wird, bei gleicher Grundfläche auch annähernd gleiche Holzmassen haben, die günstigste Bedingung zur Ausgleichung der durch das individuelle Schwanken in der Stammform bei der Auswahl der Probestämme hervorgerufenen Fehler. Dagegen bildet die Gesamtheit der Modellstämme, unter welchen bei dieser Verteilung die stärkeren Stämme gegenüber dem Bestande stets relativ mehr vertreten sind als die geringeren Stammklassen, in diesem Falle kein Modell des Bestandes; dieselben können daher auch nicht gemeinsam aufgearbeitet und gemessen, sondern müssen für jede Gruppe oder Klasse besonders berechnet werden, und auch das Sortimentsergebnis derselben repräsentiert in diesem Falle nicht das Sortimentsverhältnis des ganzen Bestandes. Damit gehen wesentliche Vorzüge des Draudt'schen Verfahrens verloren, und wir werden daher der Aufnahme nach dem Hartig'schen Prinzipe dann den Vorzug geben, wenn mit einer geringen Zahl von Modellstämmen eine möglichst genaue Aufnahme der Bestandesmasse erreicht werden soll, dagegen das Draudt'sche Verfahren (event. mit der von Urich eingeführten Modifikation) anwenden, wenn eine grössere Zahl von Modellstämmen gefällt werden kann (wodurch von selbst eine grössere Genauigkeit und auch die Wahrscheinlichkeit einer Fehlerausgleichung gegeben ist) und wenn auf die Kenntnis des Sortimentsverhältnisses im Bestande Wert gelegt wird.

Für die Ausführung des Hartig'schen Verfahrens wird zuerst die Zahl der Modellstämme (ν) oder der zu bildenden Stammgruppen (x), dann aus $\frac{G}{\nu}$ oder $\frac{G}{x}$ die Stammgrundfläche bestimmt, welche jede Gruppe erhalten soll; sodann werden, von der geringsten Stärkestufe beginnend, stets so viele Stämme aus den folgenden Stärkestufen zusammengefasst, bis diese Kreisflächensumme erfüllt ist. Die Durchmesser der Modellstämme für die einzelnen Gruppen werden aus den darin enthaltenen Durchmesserstufen und deren Stammzahl entweder direkt annähernd bestimmt oder durch Rechnung aus $g = \frac{G}{n}$ gefunden. Die Modellstämme der einzelnen Stammgruppen müssen dann für sich kubiert und ebenso deren Holzmassen nach der Formel $M_1 = m_1 \frac{G_1}{g_1}$, $M_2 = m_2 \frac{G_2}{g_2}$ etc. für jede Klasse getrennt berechnet werden; die Gesamtmasse ergiebt sich sodann aus der Summe $M_1 + M_2 + \ldots + M_x$. Es ist jedoch auch zulässig, die Formhöhen (h_1f_1, h_2f_2 etc.) der einzelnen Gruppen (am einfachsten aus $\frac{m_1}{g_1}$, $\frac{m_2}{g_2}$ etc., da $h_1 f_1 = \frac{m_1}{g_1}$, $h_2f_2 = \frac{m_2}{g_2}$ u. s. w.) zu bestimmen und dann die Gesamtstammgrundfläche des Bestandes mit dem arithmetischen Mittel dieser Formhöhen zu multiplizieren. Da

59) Die Rentabilität der Fichtennutzholz- und Buchenbrennholzwirtschaft im Harze und im Wesergebirge. Stuttgart 1868.

$$M = M_1 + M_2 + \ldots + M_x = m_1 \frac{G_1}{g_1} + m_2 \frac{G_2}{g_2} + \ldots + m_x \frac{G_x}{g_x} \text{ und}$$

$$G_1 = G_2 = \ldots = G_x = \frac{G}{x}, \text{ so ist } M = \frac{G}{x}\left(\frac{m_1}{g_1} + \frac{m_2}{g_2} + \ldots + \frac{m_x}{g_x}\right) \text{ und da } \frac{m_1}{g_1} = h_1 f_1,$$

$$\frac{m_2}{g_2} = h_2 f_2 \text{ u. s. w. auch } M = G \frac{h_1 f_1 + h_2 f_2 + \ldots + h_x f_x}{x}.$$

Es zeigt sich auch hier, da bei dem Draudt'schen Verfahren die Massen m, bei dem Hartig'schen aber die Faktoren hf der Modellstämme summierbar sind, dass die Verteilung der Stämme nach Verhältnis der Stammzahlen der Auffassung der Bestandesmasse als $M = mN$, die Verteilung nach Verhältnis der Kreisflächen aber der Auffassung als $M = GHF$ entspricht, wie dies schon früher hervorgehoben wurde.

Muster 3.

Ergebnis der Stammaufnahme			Verteilung der Modellstämme										
			nach Draudt		nach Urich				nach Hartig				
			$\nu=10$, $n=75$		$\nu=10$, $n=75$				$g=80.013$, $\nu=10$, $^1/_{10}g=8.002 m^2$				
Durchmesser bei 1.3 m Höhe	Stammzahl	Kreisflächen-Summe	Zahl der Modellstämme	Durchmesser der Modellstämme	Durchmesser	Stammzahl	lauf. Nr. der Modellstämme	Durchmesser der Modellstämme	Durchmesser	Stammzahl	Kreisfläche	lauf. Nr. der Modellstämme	Durchmesser der Modellstämme
cm		m²		cm	cm			cm	cm		m²		cm
					20	33			20	33	1.037		
20	33	1.037	—	—	24	42			24	79	3.574		
						75	1	22	28	55	3.387		
24	79	3.574	1	24	24	37				167	7.998	1	24
					28	38			28	53	3.263		
28	108	6.651	1	28		75	2	26	32	59	4.745		
					28	70				112	8.008	2	30
32	135	10.857	2	32	32	5			32	76	6.112		
						75	3	28	36	19	1.934		
36	120	12.215	2	36	32	75	4	32		95	8.046	3	33
					32	55			36	78	7.940	4	36
					36	20			36	23	2.341		
40	114	14.325	1	40		75	5	33	40	45	5.655		
					36	75	6	36		68	7.996	5	39
44	58	8.819	1	44	36	25			40	64	8.042	6	40
					40	50			40	5	0.628		
48	44	7.962	1	48		75	7	39	44	49	7.451		
					40	64				54	8.079	7	44
52	27	5.734			44	11			44	9	1.368		
						75	8	40	48	37	6.695		
56	14	3.448	1	56	44	47				46	8.063	8	47
					48	28			48	7	1.267		
60	10	2.827				75	9	45	52	27	5.734		
					48	16			56	4	0.985		
64	8	2.574			52	27				38	7.986	9	52
					56	14			56	10	2.463		
Summe	750	80.023	10		60	10			60	10	2.827		
					64	8			64	8	2.574		
						75	10	57		28	7.864	10	60

Das vorstehende Beispiel zeigt die Modellstammverteilung nach den drei vorstehenden Verfahren; es wurde hiefür die Aufnahme eines 134-jährigen Buchenbestandes

im Wienerwalde von 1.63 Hektar Fläche benützt. Die Zahl der Modellstämme wurde übereinstimmend für alle drei Verfahren mit 10 genommen, daher nach Draudt und Urich, da 750 Stämme ausgezählt wurden, auf je 75 Stämme ein Modellstamm, und für die Aufnahme nach Hartig, da die Gesamt-Stammgrundfläche 80.023 m² beträgt, für jede Gruppe eine Stammgrundfläche von 8.002 m² entfällt.

Aus dieser vergleichenden Durchführung der drei Verfahren ist ersichtlich, dass das Urich'sche Verfahren mit sehr geringem Mehraufwand an Zeit eine der wirklichen Stärkeklassenverteilung des Bestandes mehr entsprechende Zusammenstellung der Modellstämme giebt, als das ursprüngliche Draudt'sche Verfahren. Insbesondere ist dies bei Aufnahme kleinerer Bestände oder von Probeflächen mit geringen Stammzahlen in den einzelnen Gruppen der Fall, während bei der Auskluppierung grösserer Bestände sich die Verteilung nach beiden Methoden nahezu ausgleicht.

Die Bildung der Stammgruppen nach der Grundfläche ist dagegen, selbst bei Benutzung von Kreisflächen-Multiplikationstafeln hiezu, wesentlich umständlicher, was insofern wohl in Betracht kommt, als diese Berechnung im Walde auszuführen ist, indem die Modellstämme stets unmittelbar nach der Auskluppierung ausgewählt werden sollen. Die Summierung der Stammzahlen in den einzelnen Gruppen ist für dieses Verfahren nicht notwendig; dieselbe wurde hier nur vorgenommen, um das Verhältnis der Stammzahlen in den einzelnen Gruppen zu zeigen.

Wurden nun für die Ausführung des Draudt'schen Verfahrens 10 Modellstämme den nach Urich erhaltenen Durchmesserstufen möglichst entsprechend ausgewählt und gefällt, deren Stammgrundfläche zusammen 1.08 m² beträgt, und hätten dieselben bei der Aufarbeitung ergeben:

2.79	fm	Nutzholz
11.9	Raummeter	Scheitholz
7.75	„	Ausschussholz
4.6	„	Knüppel-(Prügel)holz
2.4	„	Reisig,

so berechnet sich für den ganzen Bestand, da $\frac{G}{g} = \frac{80.023}{1.08} = 74.1$ ist, die Holzmasse an

Nutzholz	$2.79 \times 74.1 = 206.7$	Festmeter
Scheitholz	$11.9 \times 74.1 = 881.8$	Raummeter
Ausschuss	$7.75 \times 74.1 = 574.3$	„
Knüppel oder Prügel	$4.6 \times 74.1 = 340.9$	„
Reisig	$2.4 \times 74.1 = 177.8$	„

Für die Berechnung der Bestandesmasse nach Hartig hätte man folgende Modellstämme aufgenommen:

Muster 4.

Der Modellstämme							Holzmasse der einzelnen Gruppen nach $M = m\frac{G}{g}$			G : g
Lauf. Nr.	Durchmesser	Kreisfläche	Holzmasse Derbholz	Reisig	zusammen	Walzenhöhe $hf = \frac{m}{g}$	Derbholz	Reisig	zusammen	
	cm	m²	Festmeter			m	Festmeter			
1	24.2	0.0460	0.583	0.072	0.655	14.2	101.4	12.5	113.9	7.998 : 0.0046 = 173.87
2	29.7	0.0693	1.121	0.120	1.241	17.9	129.5	13.9	143.4	8.008 : 0.0693 = 115.55
3	33.5	0.0881	1.491	0.112	1.603	18.2	136.1	10.2	146.3	8.046 : 0.0881 = 91.33
4	36.0	0.1018	1.765	0.135	1.900	18.6	137.7	10.5	148.2	7.940 : 0.1018 = 78.00
5	38.8	0.1182	2.112	0.134	2.246	19.0	142.8	9.1	151.9	7.996 : 0.1182 = 67.65
6	40.1	0.1263	2.186	0.145	2.331	18.5	139.1	9.2	148.3	8.042 : 0.1263 = 63.67
7	44.5	0.1555	2.800	0.170	2.970	19.1	145.6	8.8	154.4	8.079 : 0.1555 = 51.96
8	47.0	0.1735	3.184	0.182	3.366	19.4	147.8	8.5	156.3	8.063 : 0.1735 = 46.47
9	51.6	0.2091	3.829	0.205	4.034	19.3	146.3	7.8	154.1	7.986 : 0.2091 = 38.19
10	59.8	0.2809	5.205	0.246	5.451	19.4	145.7	6.9	152.6	7.864 : 0.2809 = 28.00
					Summe	183.6	1372.0	97.4	1469.4	

Die Berechnung nach den einzelnen Stammgruppen, für welche die Werte $\frac{G}{g}$ oben in der Anmerkungsspalte entwickelt sind, ergibt demnach eine Gesamtholzmasse dieses Bestandes von 1469.4 Festmeter; die Berechnung nach $M = G \frac{h_1 f_1 + h_2 f_2 + \ldots h_x f_x}{x}$ ergibt, da die durchschnittliche Walzenhöhe = 183.6 : 10 = 18.36 m ist, M = 80.023 × × 18.36 = 1469.2 Festmeter, also genau dasselbe Resultat. Wollte man in dieser Weise auch die Holzmasse nach Derbholz und Reisig getrennt bestimmen, so wären die Walzenhöhen auch aus der Derbholz- und Reisigmasse der einzelnen Stämme zu berechnen und das arithmetische Mittel derselben mit G zu multiplizieren. In obiges Beispiel wurde nur die Walzenhöhe für die Gesamtmasse aufgenommen.

§ 36. Zahl, Auswahl und Kubierung der Modellstämme. Die Zahl der für eine Bestandesaufnahme erforderlichen Probestämme ist je nach dem gewählten Verfahren und je nach der grösseren oder geringeren Gleichmässigkeit des Bestandes eine verschiedene; auch wird man für ausgedehnte Bestände, wenn dieselben ganz ausgezählt wurden, aus naheliegenden Gründen in der Regel mehr Probestämme wählen als für einen kleinen Bestand.

Am wenigsten Modellstämme erfordert die Aufnahme nach Mittelstämmen, von welchen bei der für dieses Verfahren vorausgesetzten Gleichmässigkeit des Bestandes selbst 3—4 Stämme genügen können, um für die Höhe und Formzahl eine gute Durchschnittsziffer zu erhalten. Bei der Bildung von Stärke- oder Höhenklassen sollen für jede Klasse gleichfalls womöglich 2—3 Stämme genommen werden, daher sich hier die Zahl der Modellstämme je nach der Anzahl der Klassen auf 6—15 vermehren wird. Soll, um die Zahl der Modellstämme zu beschränken, für jede Klasse nur ein Modellstamm genommen werden, so wären die Klassen jedenfalls so zu bilden, dass sie annähernd gleiche Stammgrundflächen besitzen, da nur in diesem Falle auf eine Ausgleichung der in der Höhe und Form der einzelnen Stämme gegebenen Schwankungen zwischen den einzelnen Klassen-Modellstämmen zu rechnen ist. Das Draudt'sche Verfahren wird, wenn die Ausführung dem Prinzipe, ein Modell des Bestandes zu bilden, entsprechen, und speziell auch für die Sortimentsverhältnisse einen sicheren Anhalt geben soll, stets eine grössere Zahl von Modellstämmen, mindestens 10—15, erfordern.

Nicht immer ist es jedoch bei Massenaufnahmen zulässig, in jedem Bestande eine so grosse Zahl von Modellstämmen zu fällen; Rücksichten auf den Zeitaufwand und auch wirtschaftliche Rücksichten lassen besonders in Beständen, welche nicht allsogleich zur Nutzung gelangen, oft die möglichste Beschränkung in der Zahl der Probestämme notwendig erscheinen. Speziell bei den schwierigen Bringungsverhältnissen des Hochgebirges können solche in entfernten Bringungslagen vereinzelt gefällte Stämme oft nur mit beträchtlichem Wertsverluste oder auch gar nicht verwertet werden. In solchen Verhältnissen ist daher das voraussichtlich günstigste Verhältnis zwischen der Zahl der Modellstämme und der damit erreichbaren Genauigkeit der Aufnahme wohl in Betracht zu ziehen. Dagegen muss der aus ähnlichen Rücksichten oft eingehaltene Vorgang, für ganze Bestände nur einen Mittelstamm oder bei grösseren Stärkeunterschieden je einen Modellstamm für die geringeren und die stärkeren Stammklassen zu fällen und diese Stämme dann mit aller Sorgfalt zu kubieren, entschieden als unzweckmässig bezeichnet werden. Selbst die genaueste Kubierung kann den Fehler, welcher durch die Wahl eines dem wirklichen Durchschnitte der Höhe und Formzahl nicht ganz entsprechenden Stammes begangen wird, nicht beheben, und es ist bei den diesbezüglich im Walde stets gegebenen Schwankungen die Durchschnittszahl aus mehreren, wenn auch weniger genauen Messungen stets mehr wert, als die genaueste Ermittelung

des betreffenden Faktors hf an einem einzelnen Stamme.

Es wäre daher in solchem Falle die Messung einer grösseren Zahl von Stämmen im Stehenden — etwa nach Presslers Verfahren der Richthöhe — oder die Aufnahme mittelst Massen- oder Formzahltafeln der Aufnahme mit einer unzulänglichen Zahl von Modellstämmen vorzuziehen.

Bei der Auswahl von Probestämmen ist stets mit der möglichsten Sorgfalt vorzugehen und zwar um so mehr, je weniger Stämme gefällt werden sollen. Es ist darauf zu sehen, dass die betreffenden Stämme in Bezug auf Höhe, Form und Beastung auch richtige Repräsentanten ihrer Klassen sind. Gabelstämme oder Stämme mit sonst abnormen Bildungen sind auszuschliessen, doch ist auch anderseits, besonders wenn die Sortimente erhoben werden sollen, zu vermeiden, dass nur Stämme von ganz tadelloser Schaftbildung genommen werden, welche im Bestande wohl selten bei allen Stämmen zu finden ist. Sehr häufig werden aus dieser Ursache die Modellstämme im Verhältnis zum ganzen Bestande zu günstig gewählt.

An der Messstelle sollen die Modellstämme regelmässig geformt und annähernd kreisrund sein, um die Durchmesser derselben möglichst sicher und genau bestimmen zu können. Die Grundstärke derselben ist stets nach zwei, bei starken und weniger regelmässigen Stämmen auch nach mehreren Richtungen und mindestens auf 0.5 cm genau zu messen; im übrigen soll die Messung derselben in bezug auf Messhöhe, Beachtung des Wurzelanlaufes, Abschlag für starke Borke u. dgl. in derselben Weise erfolgen, welche bei der Auskluppierung aller Stämme beobachtet wurde. Sind Stämme welche genau dem gesuchten Durchmesser und zugleich sonst als Modellstämme entsprechen würden, nicht zu finden, so unterliegt es keinem Anstande, einen Stamm von etwas grösserem und einen zweiten von etwas kleinerem Durchmesser zu wählen, nur sollen sich deren Grundflächen möglichst auf g ausgleichen. Bei der Berechnung der Bestandesmasse nach der Formel $M = m \frac{G}{g}$ ist es überhaupt nicht erforderlich, dass die Modellstämme genau dem berechneten Durchmesser entsprechen, dagegen kommt es hier darauf an, dass deren Grundfläche möglichst genau bestimmt wird.

Die Modellstämme sollen ferner, besonders bei grösserer Zahl derselben, aus verschiedenen Partien des Bestandes gewählt werden, um den oft in nicht geringem Masse gegebenen Unterschieden der Stammhöhen (z. B. in Mulden und auf Riegeln, im unteren und oberen Teile des Bestandes) damit gerecht zu werden.

Die Auswahl der Modellstämme soll stets unmittelbar nach der Auskluppierung und durch dieselbe Person, welche diese geleitet hat, vorgenommen werden, da sich bei dieser Durchgehung des ganzen Bestandes und Besichtigung aller Einzelstämme der Charakter des Bestandes und der einzelnen Stammgruppen am besten einprägt und also auch unmittelbar hierauf die Auswahl am besten getroffen werden kann.

Die Kubierung der Modellstämme erfolgt, wenn dieselben nicht in Sortimente aufgearbeitet werden, für den Schaft in 2—4 m langen Sektionen, deren mittlerer Durchmesser womöglich übers Kreuz genau zu messen und in ein für diese Messung und Berechnung entsprechend eingerichtetes Aufnahmsheft einzutragen ist. Das stärkere Astholz kann nach Aufarbeitung desselben in 1 m lange Stücke gleichfalls stereometrisch aus den mittleren Durchmessern auf seinen Holzmassengehalt berechnet werden; das geringere Reisig und unregelmässige Aststücke sind entweder nach Raummass oder für genaue Erhebungen durch Aichung und Wägen aufzunehmen. Soll die Holzmasse getrennt nach Derbholz und Reisig ermittelt werden, so sind diese sowohl am Schafte als auch im Astholze noch vor der Messung zu trennen. Wo das geringere Astholz gar nicht zur Verwertung gelangt, da kann selbstverständlich auch

die Aufnahme desselben ganz unterbleiben.

Sollen nicht alle Modellstämme oder überhaupt gar keine Probestämme gefällt werden, so können auch einzelne derselben (oder auch sämtliche), sei es durch indirekte Messung oberer Durchmesser (Bestimmung der Formzahl aus dem Formquotienten $\delta : d$) oder nach Pressler's Richthöhenmethode stehend kubiert werden.

§ 37. **Massenaufnahme nach der Bestandes-Richthöhe.** Wir haben bereits in § 28 gesehen, dass die Bestandesmasse auch als Produkt aus der Stammgrundfläche $\times$ $^2/_3$ der Richthöhe, $M = {}^2/_3 GR$, aufgefasst werden kann, was selbstverständlich ebenso für einzelne Stammklassen des Bestandes gilt. Von der Anschauung ausgehend, dass es nicht schwer sei, die mittlere Bestandes-Richthöhe zu erkennen (da die Richthöhen, ebenso wie die Walzenhöhen der Stämme, in viel geringerem Masse schwanken als die Scheitelhöhen) empfiehlt Pressler die Anwendung dieser einfachen Formel für die Massenaufnahme ganzer Bestände in der Weise, dass deren Stammgrundfläche durch Auskluppieren erhoben, die durchschnittliche Richthöhe an einer Reihe von Stämmen, welche dieselbe zu repräsentieren scheinen, gemessen und das arithmetische Mittel dieser Messungen (erhöht um die halbe Messhöhe) als Bestandesrichthöhe R mit $^2/_3 G$ multipliziert wird. Man erhält damit die Masse des Schaftholzes, zu welcher dann die Astmasse nach erfahrungsmässigen Prozenten (Pressler's Forstliches Hülfsbuch, Tafel 12) hinzuzurechnen ist.

Man kann aber auch, ebenso wie bei der Aufnahme mittelst Probestämmen, nach der Auskluppierung geeignete Stärke- bezw. Höhenklassen bilden und für jede dieser Klassen die durchschnittliche Richthöhe an wenigstens 5—6 Stämmen erheben, und dann jede Klasse für sich berechnen, oder auch — wenn die einzelnen Klassen annähernd gleiche Stammgrundflächen haben — die Gesamt-Stammgrundfläche G mit dem arithmetischen Mittel dieser Klassen-Richthöhen multiplizieren.

Der Masseninhalt der einzelnen Klassen ist $M_1 = {}^2/_3 G_1 R_1$, $M_2 = {}^2/_3 G_2 R_2$ u. s. w. jener des ganzen Bestandes

$$M = M_1 + M_2 + \ldots + M_k = {}^2/_3 G_1 R_1 + \ldots + {}^2/_3 G_2 R_2 + \ldots + {}^2/_3 G_x R_x.$$

Um hier das arithmetische Mittel aller Richthöhen einführen zu können, muss

$$G_1 = G_2 = \ldots = G_x = \frac{G}{x}$$

sein, dann ist auch

$$M = {}^2/_3 G \left(\frac{R_1 + R_2 + \ldots + R_x}{x} \right).$$

In dem als Beispiel in dem vorhergehenden § aufgeführten Buchenbestande wurden an verschiedenen Stämmen folgende Richthöhen (Höhe des Richtpunktes ober dem Abhiebspunkte) gemessen: 25.1, 23.6, 23,9, 26.2, 25.0, 21.5 m; dies ergiebt eine durchschnittliche Richtpunktshöhe = 24.2 m und diese erhöht um die halbe Messhöhe (0.6 m) eine durchschnittliche korrigierte Richthöhe $R = 24.8$ m. Man erhält also für die Schaftholzmasse des ganzen Bestandes, da $G = 80.023$ ist, $M = 80.023 \times {}^2/_3 \times 24.8 = 1320.38$ fm; und mit Hinzurechnung der (an den dortigen Probestämmen erhobenen) Astmasse von 11 % der Schaftholzmasse die Gesamtholzmasse $M = 1320{,}38 + 145.23 = 1465.61$ Festmeter.

§ 38. **Bestandesaufnahme mit Hilfe von Massen- oder Formzahltafeln.** Sowohl die Formzahl- als die Massentafeln erscheinen prinzipiell für die Anwendung bei der Massenaufnahme ganzer Bestände um so geeigneter, als sie die Mittelwerte aus der Messung zahlreicher Stämme enthalten und anzunehmen ist, dass die zahlreichen Stämme eines Bestandes *unter sonst übereinstimmenden Verhältnissen* sich gleichfalls diesem Mittelwerte nähern werden. Die Anwendung solcher Tafeln wird um so bessere Resultate liefern, je mehr bei deren Aufstellung auf die die Stammform bedingenden Umstände Rücksicht genommen wurde und die Angaben

der Tafeln selbst nach diesen einflussnehmenden Faktoren (Holzart, Altersstufen, Standortskategorien, Bestandesform etc.) gegliedert sind und je mehr die Verhältnisse des aufzunehmenden Bestandes mit jenen, unter welchen die Erhebungen für die Tafeln gemacht wurden, übereinstimmen.

Die meisten Formzahltafeln geben nur ganz allgemeine Durchschnittsziffern, z. B. nur die Formzahlen für die verschiedenen Stammhöhen je einer Holzart: auch die bayerischen Massentafeln fassen wohl noch zu grosse Altersstufen und Bestandesverschiedenheiten in einen Durchschnittswert zusammen.

Die Anwendung solcher Tafeln wird zwar in gewöhnlichen Durchschnittsbeständen ganz gute Resultate geben, oft sogar bessere als die Aufnahme mit wenigen Probestämmen; bei aussergewöhnlichen Bestandesverhältnissen aber ist die Anwendung der letzteren vorzuziehen, wenn eine zuverlässige Massenaufnahme erzielt werden soll.

Für die Bestandesaufnahme mit Hilfe von Formzahl- oder Massentafeln wird die Auskluppierung des Bestandes in gleicher Weise wie bei den vorigen Verfahren vorgenommen; für die Massenberechnung wird in beiden Fällen am besten von den bei der Auskluppierung gebildeten Stärkestufen ausgegangen, daher auch zweckmässig die Abstufung derselben nicht zu klein (2—4 cm) zu wählen ist.

Bei der Anwendung von Formzahltafeln werden die Kreisflächen der einzelnen Stärkestufen wie früher einer Tafel der vielfachen Kreisflächen entnommen und im Aufnahmsbuche eingetragen, dann die Höhe der einzelnen Stärkestufen an mehreren Stämmen gemessen, die gefundenen Durchschnittshöhen derselben (eventuell zu einer entsprechenden Reihe ausgeglichen) eingetragen und die diesen Höhen, bezw. Durchmessern, entsprechenden Formzahlen aus der Tafel entnommen. Die Holzmasse der einzelnen Stärkestufen ergibt sich dann aus $M_1 = G_1 h_1 f_1$, $M_2 = G_2 h_2 f_2$ u. s. w. und die Gesamtmasse aus der Summe

$$M = M_1 + M_2 + \ldots + M_x.$$

Für die Bestandesaufnahme wird indes zumeist die Anwendung der Massentafeln ihrer grösseren Bequemlichkeit halber vorgezogen, welche wir daher auch an dem bereits in den vorigen §§ benützten Beispiele durchführen wollen.

Die Aufnahme im Bestande teilt sich wie in dem eben behandelten Falle in die Auskluppierung und die Messung der Stammhöhen. Erstere hat hier nur den Zweck, die Zahl der Stämme in den einzelnen Stärkestufen kennen zu lernen; die Berechnung der Kreisflächen kann ganz entfallen. Der Ermittelung richtiger Stamm-Durchschnittshöhen für die einzelnen Klassen wird wie im vorigen Falle eine besondere Sorgfalt zugewendet. Man misst für diesen Zweck (am besten mit Faustmanns Spiegel-Hypsometer oder mit Presslers Messknecht) möglichst für alle Stärkestufen mehrere Höhen, und berechnet die Durchschnittswerte für die einzelnen Stufen, welche Reihe der gefundenen Durchschnittshöhen einerseits für manche Stärkestufen, für welche zufällig keine Höhe gemessen wurde, zu interpolieren und anderseits zu einer gesetzmässigen Reihe auszugleichen ist, was am besten graphisch erfolgt, indem man auf Millimeterpapier die Durchmesser als Abszissen, die diesen entsprechenden Durchschnittshöhen als Ordinaten aufträgt und durch die Endpunkte der letzteren eine ihre Werte ausgleichende Kurve hindurchzieht. (Vergl. Fig. 44 Seite 230.) Für das Eintragen und Ausgleichen der Höhen mag das umstehende Beispiel dienen (Muster 5).

Die Höhen sind auch hier möglichst abwechselnd in den verschiedenen Bestandespartien zu messen und können in der Regel von einem Standpunkte aus mehrere Baumhöhen gemessen werden, wobei ein Gehilfe die Entfernung von den betreffenden Stämmen mit dem Messbande abmisst und zugleich deren Grundstärke mit der Kluppe misst. Auf diese Weise geht die Messung auch einer grösseren Zahl von Baumhöhen

Muster 5.
Höhenmessung für den Bestand.

Durchmesser:	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64
	gemessene Höhen in m											
	25	29	32	33	33.5	34.5	35	34.5	35.5	35	36	35
Holzart		28.5	33	35.5	35	34	34	35	33.5	34	35	
Buche			31	32.5	34		34.5				34.5	
Summe	25.0	57.5	96.0	101.0	102.5	68.5	103.5	69.5	69.0	69.0	105.5	35.0
Durchschnitt	25	28.8	32.0	33.7	34.2	34.3	34.5	34.8	34.5	34.5	35.2	35.0
korr. Höhe	25	29	32	33	34	34	34	34	35	35	35	35

sehr rasch von statten. Die korrigierten Höhen werden in ganze Meter abgerundet, weil die Tafeln nur Höhenabstufungen von ganzen Metern enthalten. Die weitere Durchführung der Berechnung und die Form, in welcher dieselbe einzutragen ist, ist aus nachfolgendem Muster 6 ersichtlich.

Muster 6.
Bestandesaufnahme nach Massentafeln.

Bestand . . . . Fläche = 1.63 ha

Durchmesser bei 1.3 m	Holzart: Buche	Stammzahl	Höhe	Holzmasse per Stamm	Holzmasse im ganzen	Anmerkung
cm			m	fm		
20	(Raum für die Auszählung)	33	25	0.42	13.9	
24		79	29	0.72	56.9	
28		108	32	1.09	117.7	
32		135	33	1.47	198.5	
36		120	34	1.91	229.2	
40		114	34	2.36	269.0	
44		58	34	2.85	165.3	
48		44	34	3.40	149.6	
52		27	35	4.10	110.7	
56		14	35	4.75	66.5	
60		10	35	5.44	54.4	
64		8	35	6.19	49.5	
		750			1481.2	

Die Ansätze für die Holzmasse des Einzelstammes sind den auf Metermass umgerechneten bayerischen Massentafeln entnommen. Das Produkt dieser Holzmasse mit der Stammzahl der betreffenden Stärkestufe gibt die Holzmasse für die einzelnen Stärkestufen und die Summe dieser die Holzmasse des ganzen Bestandes und zwar im vorliegenden Falle (für Buche) einschliesslich des Astholzes.

In ganz gleicher Weise, jedoch mit ungleich grösserer Zuverlässigkeit und Genauigkeit, kann die Berechnung der Bestandesmasse stattfinden, wenn die Holzmassen der Stämme der einzelnen Stärkestufen anstatt einer Massentafel der nach Probestamm-Erhebungen im Bestande selbst verzeichneten Massenkurve entnommen werden, welches Verfahren Dr. Speidel speziell als Massenkurvenverfahren bezeichnet und empfohlen hat. Da für die Feststellung der Massenkurve die Inhaltsermittelung an einer Anzahl von Probestämmen notwendig ist, so gehört dieses Verfahren zu den Aufnahmsmethoden mittels Probestämmen und wäre als eine besondere Ausführung der Bestandesaufnahme nach Stärkestufen zu bezeichnen. Speidel empfiehlt dabei die Verzeichnung einer zweiten Massenkurve aus den Ansätzen einer Massentafel als Anhalt, bezw. als Leitkurve, zu benützen; doch ist zu beachten, dass häufig der Verlauf der örtlich richtigen Massenkurve mit der aus der Massentafel entnommenen Kurve nicht übereinstimmen wird. Kopezky[60]) leitet dagegen aus der

60) Centralblatt f. d. g. F. 1899, Seite 481.

nach Flächestufen verzeichneten Massenlinie für die Berechnung der Bestandesmasse die Näherungsformel ab

$$V = h\,f.\,s \left\{ [n] \left(a - \frac{1}{2}\right) + n_{a+1} + 2\,n_{a+2} + \ldots . x\,n_{a+x} \right\},$$

worin s die Abstufungsgrösse der Flächestufen, n_{a+1}, n_{a+2} ..... die Stammzahlen der Flächestufen, [n] die Gesamtstammzahl bedeuten. Kopezky hält die Bildung von 4 Flächestufen und die Ermittlung der Formhöhe h f an 4—6 Stämmen (eventuell auch im Stehenden) für ausreichend, für welchen Fall sich die obige Näherungsformel in den leicht berechenbaren Ausdruck $V = h\ f.\ s \left\{ \frac{[n]}{2} + n_2 + 2\,n_3 + 3\,n_4 \right\}$ vereinfacht. Diese Methode wird man am besten als Berechnung aus der Massenformel bezeichnen.

§ 39. Holzmassen-Ermittelung durch Schätzung. 1. Stammweise Abschätzung. Dieses in früherer Zeit oft angewendete Verfahren besteht darin, dass man den ganzen Bestand, ebenso wie bei der Auskluppierung, streifenweise durchgeht, dabei jeden Stamm auf seine Masse anschätzt und diese Massen in einem Aufnahmsbuche notiert, deren Summe dann die Holzmasse des ganzen Bestandes gibt.

Die bereits geschätzten und mit ihrer Masse notierten Stämme sind in ähnlicher Weise wie bei der Auskluppierung mit einem Baumreisser oder dgl. zu bezeichnen.

Anstatt des ganzen Bestandes kann auch eine gewählte kleinere Probefläche in dieser Weise abgeschätzt werden, wobei dann die Holzmasse des ganzen Bestandes aus der Gleichung $M = m \frac{F}{f}$ zu bestimmen ist.

Gegen dieses Verfahren lässt sich vor allem einwenden, dass man in derselben Zeit, welche die Abschätzung und Notierung des Kubikinhaltes aller Stämme erfordert, auch die Stammgrundfläche mit der Kluppe aufnehmen kann und dann nach Messung einiger Baumhöhen und mit Anwendung der Massentafeln oder durch Messung der Bestandes-Richthöhe in gleicher Zeit ein entschieden sichereres Resultat bekommt als mit der blossen Abschätzung.

Bezüglich der Genauigkeit dieses Verfahrens gilt das über die Schätzung der Einzelstämme Gesagte; eine Ausgleichung der bei dieser Einzelschätzung begangenen Fehler wird in der Regel nicht eintreten; es werden vielmehr je nach der individuellen Auffassung des Taxators meist alle Stämme zu hoch oder zu nieder geschätzt; auch ist das fortwährende Insaugefassen der Stämme und Erwägen ihres wahrscheinlichen Inhaltes sehr ermüdend und werden schliesslich die Einträge meist nur mehr mechanisch notiert.

Eine grössere Sicherheit würde im Verlaufe des Schätzens nur dann gewonnen werden, wenn zeitweilig ein geschätzter Stamm auch gefällt und kubiert und damit der Schätzungsmassstab berichtigt werden könnte.

Es steht also hier der erforderliche Zeitaufwand zur erreichbaren Genauigkeit der Aufnahme in sehr ungünstigem Verhältnisse und ist daher diese Methode insbesondere für geschlossene, stammreiche Bestände nicht zu empfehlen. Dagegen kann in sehr lichten Beständen mit nur wenigen, meist sehr starken Stämmen (Abtriebshau, Oberständer des Mittelwaldes u. dgl.) ein ähnlicher Vorgang eingehalten werden, wenn dabei die Schätzung auch durch einzelne Messungen unterstützt wird.

2. Die Okularschätzung der Bestandesmasse, d. h. das direkte Ansprechen der Holzmasse entweder pro Hektar oder auch gleich für den ganzen Bestand ist wegen der vielen dabei in Frage kommenden und zum Teil schwer erfassbaren Faktoren (Stammzahl oder Stammgrundfläche, Höhe, Formzahl) stets sehr schwierig und unsicher, daher nur sehr ausnahmsweise und auch dann nur von sehr geübten und erfahrenen Taxatoren anzuwenden. Auch hier kann, ähnlich wie bei der Schätzung

einzelner Stämme, die Schätzung dadurch etwas sicherer gestaltet werden, dass man die einzelnen Faktoren ins Auge fasst, z. B. die Stammzahl auf einer kleinen mit 10 × 10 gedachten oder abgesteckten Fläche erhebt, oder die Stammgrundfläche pro Hektar nach Anhalt früher ausgeführter Erhebungen oder auch durch Schätzung der mittleren Stammentfernung und der mittleren Stammstärke beurteilt und ebenso die Höhe und Formzahl einschätzt. Insbesondere ist bei solcher Massenschätzung die Bestandes h ö h e wohl zu berücksichtigen.

Am schwierigsten ist es, für die Stammzahl oder Stammgrundfläche einen sicheren Anhalt zu gewinnen, während die Höhen leicht einzuschätzen oder auch zu messen sind, und die Formzahlen überhaupt bei nicht allzu abnormen Beständen sich in ziemlich engen Grenzen bewegen. (So kann in haubaren geschlossenen Beständen die Schaftformzahl für die Fichte mit 0.47—0.48, für die Tanne mit 0.49—0.50, die Baumformzahl für die Kiefer mit 0.50, für die Buche mit 0.55 u. s. w. im Durchschnitte angenommen werden.) Auch empfiehlt es sich eventuell die direkt vorgenommene Massenschätzung in der Weise zu kontrollieren, dass man die Bestandeshöhe und Formzahl anschätzt (eventuell auch erstere misst), dann die angenommene Holzmasse pro Hektar durch hf dividiert und nun beurteilt, ob die so erhaltene Stammgrundfläche mit Rücksicht auf die Dichte und Stärke des Bestandes entspricht oder nicht. Man wird sich auf solche Weise wenigstens vor groben Fehlern schützen, während sonst bei direkter Anschätzung Fehler von 50 Prozent und selbst mehr keineswegs ausgeschlossen sind.

Wir haben schon früher (§ 31) auch das Bretschneider'sche Verfahren der Aufnahme von Probelinien als ein solches zur annähernden Bestimmung der Stammzahlen und Grundflächen kennen gelernt. Noch einfacher ist es, im Bestande eine Anzahl von Stammentfernungen und Stammdurchmessern, die man als mittlere einschätzt, zu messen. Das Quadrat der durchschnittlichen Stammentfernung dividiert in die Fläche eines Hektar (10 000 m^2) ergibt die Stammzahl pro Hektar (einer durchschnittlichen Stammentfernung von 3 m entspricht eine Stammzahl von 1111, eine solche von 4 m 625, von 5 m 400 Stämme pro Hektar u. s. w.) und diese multipliziert mit der Kreisfläche des Mittelstammes die Stammgrundfläche.

Der technisch gebildete Forstwirt wird in der Regel leichter die Holzmasse pro Hektar schätzen, während Holzarbeiter und Holzhändler meist direkt die Masse des ganzen Bestandes ins Auge fassen.

3. Bestandesschätzung nach Anhalt einzelner Probeaufnahmen (Lokalbestandestafeln). Sollen in einem grösseren Forste, z. B. in einem Verwaltungsbezirke, die Holzmassen aller haubaren Bestände erhoben werden, ohne dass eine wirkliche Massenaufnahme durch Messung für alle Bestände zulässig wäre, so erhält man für solche schätzungsweise Massenbestimmung immer noch den sichersten Anhalt, wenn man in dem betreffenden Forste zuerst charakteristische Bestände für die verschiedenen Standorts- und Bestandeskategorien auswählt, in diesen die vorhandene Holzmasse pro Hektar durch Probeflächen wirklich erhebt und sich dann diese Erhebungen unter Beifügung der standörtlichen und besonderen Bestandesverhältnisse (Holzart, Alter, Bestockungsgrad, Stammzahl, Stammgrundfläche, Bestandeshöhe etc.) übersichtlich geordnet zu einer L o k a l b e s t a n d e s t a f e l zusammenstellt.

Durch Vergleich der übrigen einzuschätzenden Bestände mit diesen Musterbeständen hinsichtlich ihrer Standortsverhältnisse und ihres ganzen Bestandescharakters, insbesondere aber bezüglich der Bestandeshöhe, kann jeder einzuschätzende Bestand entweder direkt einem bestimmten Musterbestande gleichgesetzt, d. h. die dort erhobene Holzmasse pro Hektar auf diesen übertragen, oder nach Erfordernis (z. B. bei geringerer Bestockung, etwas geringerer oder grösserer Bestandeshöhe unter sonst gleichen Verhältnissen) wenigstens in ein entsprechendes Verhältnis zu demselben in der Art ge-

stellt werden, dass etwa 10, 15 bis 20 Prozent von der dort erhobenen Masse in Abzug gebracht oder zu derselben hinzugerechnet werden. Auch kann innerhalb nicht zu grosser Altersdifferenzen der im Musterbestande erhobene Haubarkeits-Durchschnittszuwachs für die Massenbestimmung jüngerer oder älterer, aber sonst mit denselben gleichartiger Bestände benützt werden.

Um dabei die Musterbestände auch weiterhin stets vor Augen haben und sich deren Bestandescharakter wiederholt einprägen zu können, sollen die betreffenden Probeflächen bleibend bezeichnet und womöglich in die Nähe von häufig zu begehenden Wegen oder Fusssteigen gelegt werden.

4. Bestandesschätzung nach allgemeinen Ertragstafeln. Viel weniger sicher als das eben beschriebene Verfahren ist die Schätzung der Holzmasse eines Bestandes nach allgemeinen Ertragstafeln, welche die Holzmassen normal bestockter Bestände in verschiedenen Alterstufen und nach mehreren Standortsklassen getrennt angeben.

Bei der Anwendung solcher Ertragstafeln zur Massenschätzung ist nötig:

a. das Anschätzen der Standortsklasse, welcher der Bestand angehört,

b. die Feststellung des Verhältnisses der wirklichen Bestockung des Bestandes zur normalen der Ertragstafel,

c. die Erhebung des Bestandesalters und

d. bei gemischten Beständen die Anschätzung des Anteiles der Bestandesfläche (des Standraumes), der den einzelnen Holzarten zukommt.

ad a. Die älteren Ertragstafeln (von Pressler, Burckhardt, Feistmantel etc.) enthalten keinen Anhalt, wonach die Standortsklasse beurteilt werden könnte, und wäre eine für alle Verhältnisse auch lokal zutreffende Standortscharakteristik in einer allgemeinen Ertragstafel überhaupt unmöglich; es ist demnach hier schon die Feststellung der Standortsklasse sehr unsicher und muss dabei hauptsächlich wieder von dem zu schätzenden Bestande selbst ausgegangen werden. Nur auf Grund vielfacher Erfahrung durch ausgedehnte und wiederholte wirkliche Bestandesaufnahmen ist im Ansprechen der Standortsklassen eine grössere Sicherheit zu gewinnen. In den neueren Ertragstafeln ist zwar die Bestandeshöhe als Weiser für die Bestimmung der Standortsgüte enthalten und diese damit wesentlich erleichtert; doch ist zu beachten, dass die meisten dieser Ertragstafeln nur für ziemlich eng begrenzte Gebiete, bezw. Standorts- und Bestandesverhältnisse aufgenommen sind (Baur's Ertragstafeln der Fichte und Buche und Lorey's Tafeln für die Weistanne aus den württembergischen, Kunze's Tafeln für Fichte und Kiefer aus den sächsischen Staatsforsten), und auf andere Gebiete mit vielleicht ganz verschiedenen Wachstumsverhältnissen nicht ohne weiteres zu übertragen sind.

ad b. Auch die Beurteilung des Bestockungsgrades gegenüber der in den Tafeln zugrunde gelegten Normalbestockung ist ziemlich unsicher, weil der Begriff der Normalbestockung nicht genau definierbar ist und je nach der Auffassung über die richtige Bestandesstellung sehr verschieden sein kann. Einen sicheren Anhalt für die Bestockungsziffer, welche meist in Zehnteln der Normalbestockung angegeben wird, könnte man nur durch Aufnahme der Stammgrundfläche pro Hektar gewinnen, damit wäre aber der zeitraubendste Teil der Massenaufnahme bereits vollzogen und die Ertragstafel zum Zwecke der Bestandesschätzung überflüssig.

ad c. Das Alter des Bestandes wird durch Abzählen der Jahrringe an frischen Stöcken oder eigens zu diesem Zwecke gefällten Stämmen bestimmt.

ad d. Auch diese Anschätzung ist keineswegs eine leichte und sichere; und wäre auch hier wieder die Stammgrundfläche, mit welcher die einzelnen Holzarten vertreten

sind, am besten als Anhalt zu benutzen. Auch ist zu beachten, dass die Holzmasse des gemischten Bestandes nicht immer derjenigen zweier reiner Bestände mit gleichem Flächenanteile gleich ist, daher auch die blosse Summierung der aus den Ertragstafeln für die betreffenden Holzarten entnommenen und nach dem Flächenanteile reduzierten Holzmassen nicht die Holzmasse des gemischten Bestandes ergibt.

Auch bei der Anwendung dieses Verfahrens der Bestandesschätzung wäre es geraten, das Ergebnis derselben stets noch durch Beurteilung der Bestandesmasse nach Anhalt früher ausgeführter Erhebungen oder durch Einschätzung der Faktoren Stammgrundfläche, Höhe und Formzahl oder auch der Stammzahl und des Kubikinhaltes der Mittelstämme zu kontrollieren.

§ 40. Wahl der Methoden für verschiedene Zwecke der Holzmassenermittelung. Obwohl die Anwendbarkeit der einzelnen Methoden der Bestandesaufnahme bereits bei deren Besprechung stets auch in Berücksichtigung gezogen wurde, so mögen doch hier am Schlusse dieses Hauptabschnittes noch einige kurze Bemerkungen darüber Platz finden.

Die Wahl der Methode ist abhängig:

1. von dem erforderlichen Grade der Genauigkeit und insoferne also von dem Zwecke der Massenerhebung.
2. Von der Beschaffenheit des Bestandes und
3. von der Möglichkeit und Zulässigkeit grösserer Probefällungen.

Für Massenermittelungen zum Zwecke der Wertberechnung (des Verkaufes) ist stets die möglichste Genauigkeit anzustreben, und ist es in diesem Falle meist auch erwünscht, das Resultat direkt in den verschiedenen Verkaufsmassen und mit möglichst sicherem Anhalt für das Sortimentsergebnis zu erhalten, daher das Draudt'sche Verfahren in der Regel allen anderen vorzuziehen. Ebenso wird für wissenschaftliche Untersuchungen und Versuche stets das genaueste Verfahren einzuhalten sein.

Die Massenermittelung zum Zwecke der Betriebseinrichtung oder Waldertragsregelung umfasst in der Regel sehr grosse Bestandesflächen; es wird daher ein einfacheres und rascher zum Ziele führendes Verfahren besonders für alle jüngeren Bestände um so eher zulässig sein, als es sich hier nicht, wie im vorigen Falle, um Mein und Dein handelt und zudem die Massenaufnahme in der Regel mindestens alle 10 Jahre wiederholt wird. Insbesondere dürfte für diesen Zweck die Aufnahme grösserer Bestände nach Probeflächen meist genügen. Für andere wirtschaftliche Zwecke endlich können selbst die einfachsten Aufnahmsverfahren zulässig sein.

Wird nicht sehr grosse Genauigkeit der Massenermittelung gefordert, so ist für Bestände von gewöhnlicher Durchschnittsbeschaffenheit die Aufnahme mit Hilfe von Massen- oder Formzahltafeln oder auch nach der Bestandesrichthöhe, für aussergewöhnliche Bestände speziell die letztere zu empfehlen.

Für grössere Genauigkeit ist die Aufnahme nach Probestämmen vorzuziehen, und zwar nur bei sehr gleichmässigen Beständen nach dem Bestandes-Mittelstamme, welcher aber stets in mehreren Exemplaren zu fällen ist, sonst aber, wenn die Zahl der Probestämme beschränkt bleiben soll, durch Bildung von Stärkeklassen und Verteilung der Modellstämme auf dieselben nach Verhältnis der Stammgrundflächen, bei Anwendung einer grösseren Zahl von Probestämmen aber nach dem Draudt'schen Verfahren. Letzteres wäre auch stets dann anzuwenden, wenn auch das Sortimentsverhältnis erhoben werden soll, oder das Resultat nicht in Festmass, sondern in Verkaufsmassen gewünscht wird. Bei allen diesen Aufnahmsmethoden verdient statt der direkten Verwendung der an Modellstämmen für den Mittelstamm des Bestandes oder der einzelnen Stammklassen erhobenen Holzmassen die Verwendung der nach dem Massenkurvenver-

fahren festgestellte Holzmasse der betreffenden idealen Mittelstämme den Vorzug.

Die Bildung von Höhenklassen sucht man, weil sie die Aufnahme verumständlichen, zu vermeiden und wird sie daher nur bei sehr grosser Unregelmässigkeit der Höhen in Anwendung kommen.

Die blosse Schätzung der Bestandesmassen soll ebenso wie die Schätzung des Kubikinhaltes der Einzelstämme möglichst durch eine, wenn auch einfache und weniger genaue Messung ersetzt werden; wo dieselbe jedoch stattfinden soll, kann allein die Methode nach eigenen vorausgegangenen Probemessungen empfohlen werden.

Im allgemeinen sei wiederholt, dass auch bei der Bestandesaufnahme nicht immer jenes Verfahren das beste ist, welches das genaueste Resultat, sondern jenes, welches mit geringstem Zeit- und Kostenaufwande ein hinreichend genaues Resultat liefert. Dabei sind auch der häufig eintretende Wertsverlust bei den in schwierigeren Bringungslagen gefällten Probestämmen und die eventuelle wirtschaftliche Störung durch ausgedehntere Probeholzfällungen in Rechnung zu ziehen.

IV. Ermittelung des Alters von Stämmen und Beständen.

§ 41. Zweck der Altersbestimmung. Für viele Aufgaben der Zuwachsermittelung, für die Erforschung der Wachstumsgesetze am Baume und Bestande, endlich für manche Zwecke der Forsteinrichtung ist eine genaue Altersbestimmung für einzelne Stämme oder ganze Bestände unerlässlich, und es würde hier oft die sorgfältigste Massenermittelung ihren Wert verlieren, wenn nicht eine richtige Altersbestimmung damit Hand in Hand geht.

So kann eine Feststellung der durchschnittlichen Zuwachsleistung unserer Waldbäume nach Stärke, Höhe und Holzmasse und die Feststellung ihres Entwickelungsganges nach den angegebenen Richtungen im Wege der Stammanalyse, ebenso die für die Beurteilung der Ertragsfähigkeit unserer Waldungen so wichtige Bestimmung des durchschnittlichen Massenzuwachses der Bestände je nach Holzart und Standort nicht ohne vorherige sorgfältige Feststellung des Alters der betreffenden Stämme oder Bestände erfolgen.

Speziell für die Zwecke der Forsteinrichtung benötigen wir die Altersbestimmung zumeist:

1. Bei jüngern Beständen (seltener für ältere Bestände), wenn deren Holzmasse oder gegenwärtiger Massenzuwachs unter Anwendung von Ertragstafeln bestimmt werden soll, um eben den Tafeln die dem betreffenden Alter entsprechende Massen- oder Zuwachsgrösse entnehmen zu können.

2. Zur Ermittelung der Ertragsfähigkeit der einzelnen Standortskategorien und zur Einreihung der Bestände in die Standortsklassen, wofür der Durchschnittszuwachs älterer Bestände, deren Masse speziell erhoben wurde, massgebend ist. Für die Berechnung dieses Durchschnittszuwachses $\left({}_{d}Z = \frac{M_a}{a}\right)$ ist aber das Alter a des betreffenden Bestandes ein massgebender Faktor.

3. Bei Aufnahme von Beständen zur Aufstellung einer Ertragstafel, um dieselben bezüglich ihrer Massen, Höhen etc. in die betreffenden Reihen richtig einstellen zu können.

4. Für die Bestimmung der wahrscheinlichen Abtriebszeit (des Eintretens der Hiebsreife) der einzelnen Bestände, bezw. zur richtigen Einreihung derselben in die Perioden des Umtriebes.

5. Für die Uebersicht des gegenwärtigen Altersklassenverhältnisses der Betriebsklassen und dessen Vergleichung mit dem Normalstande.

Für die letzteren beiden Zwecke genügt eine bloss annähernde Altersbestimmung, etwa in den Grenzen von 10 zu 10 Jahren; in allen anderen Fällen aber ist eine genaue Altersbestimmung erforderlich und ist letztere von besonderer Bedeutung bei allen Erhebungen, welche die Erforschung der Wachstumsgesetze zum Zwecke haben, also bei Stammanalysen und Aufnahme für Ertragstafeln, da hier die Massen, Höhen etc. als eine Funktion der Zeit, bezw. des Baum- oder Bestandes-Alters, zu betrachten sind.

Die Altersbestimmung der Bestände setzt selbstverständlich die Altersbestimmung einzelner Stämme voraus und wäre, wenn wir es nur mit ganz gleichalterigen Beständen zu tun hätten, auch die erstere mit der letzteren bereits gegeben; da aber die Bestände häufig mehr oder weniger ungleichalterig sind, so tritt noch die Aufgabe hinzu, für solche das richtige mittlere Bestandesalter zu bestimmen.

§ 42. Altersermittelung von Einzelstämmen. a) Bestimmung des Alters stehender Stämme.

Nur selten sind wir in der Lage, das Alter stehender Stämme hinreichend genau bestimmen zu können, in der Regel wird hiezu die Fällung des Stammes unerlässlich sein; wir wollen jedoch kurz auch jener Anhaltspunkte gedenken, durch welche das Alter stehender Stämme annähernd ermittelt werden kann.

Unter sonst sehr gleichartigen Verhältnissen mag immerhin schon die Stärke und Höhe der Stämme als Anhaltspunkt zur Beurteilung ihres Alters dienen, da ja beide Dimensionen mit zunehmendem Alter grösser werden; im allgemeinen aber ist dieser Anhalt wegen des grossen Einflusses, den der Standort und die Behandlung des Bestandes auf die Entwicklung der Stärke und Höhe der Einzelstämme ausüben, besonders bei wechselnder Standortsgüte und bisher ungleichmässiger Beschaffenheit der Bestände ein sehr wenig verlässlicher. Nicht selten haben 90—100jährige Bestände auf ungünstigem Standorte, oder in zu dichtem Schlusse erwachsen, nach Stärke und Höhe das Ansehen eines kaum 50jährigen Bestandes, doch wird in solchen Fällen meist schon die rauhere und borkige Rinde, bei Kiefer oder Tanne auch die Abwölbung des Gipfels auf ein höheres Alter hindeuten und man wird bei einiger Erfahrung über die lokalen Verhältnisse durch Beachtung aller dieser Anzeichen, der Stärke, Höhe, der Rindenbeschaffenheit, der Ast- und Gipfelbildung im Zusammenhang mit den standörtlichen Verhältnissen wohl in der Lage sein, das Alter der Stämme auf etwa 10—20 Jahre einzugrenzen.

Bei jüngeren Nadelholzstämmen, besonders der Kiefer, dann auch der Fichte und Tanne, gibt uns deren Eigentümlichkeit, am Grunde jedes Jahrestriebes einen deutlichen Astquirl anzusetzen, einen sehr günstigen Anhalt zur Altersbestimmung; oft sind die sämtlichen, zwischen den Astquirlen gelegenen Jahres-Höhentriebe noch bis herunter an den Fuss des Stammes zählbar und geben dann direkt das Alter an, oder es sind, wenn die unteren Astquirlen bereits unkenntlich geworden sind, zu der an den oberen Trieben gezählten Anzahl der Jahre noch so viele Jahre hinzuzurechnen, als die Pflanze vermutlich bis zur Erreichung des ersten deutlichen Astquirles benötigte.

Bei älteren, aber nicht zu starken Stämmen, sowie bei den Holzarten, welche überhaupt nicht deutliche Astquirle bilden (Lärche und Laubhölzer), kann auch Pressler's Zuwachsbohrer (siehe § 45) für die annähernde Altersbestimmung gute Dienste leisten. Man entnimmt zu diesem Zwecke nicht zu hoch über dem Stammgrunde, aber jedenfalls oberhalb des Wurzelanlaufes mit dem genannten Instrumente einen Bohrspan in der Richtung gegen die Stammmitte und zählt auf diesem die Anzahl der Jahresringe. Da mit dem gewöhnlichen Zuwachsbohrer für Weichhölzer 7½—8 cm tief gebohrt werden kann, so erhält man bei Stämmen, die an der Bohrstelle nicht über 15 cm stark sind, damit direkt die Anzahl der Jahresringe in der betreffenden Stammhöhe,

und hat zu diesen, um das Alter des Stammes zu erhalten, wieder die Anzahl der Jahre hinzuzurechnen, welche nach den lokalen Wachstumsverhältnissen die junge Pflanze mutmasslich bis zur Erreichung der Bohrhöhe benötigte.

Wird mit dem Bohrspan die Mitte des Stammes nicht erreicht, so ist ausserdem noch die Anzahl der Jahrringe hinzuzurechnen, welche auf dem fehlenden Stücke bis zur Stammmitte vermutlich noch enthalten sein dürften. Die Jahrringzahl ist aber nicht nach der durchschnittlichen Breite der Jahrringe des Bohrspanes, sondern nach dem Verhalten der Jahrringbreiten gegen die Stammmitte zu, wo dieselben meist breiter werden als am äusseren Umfange, zu beurteilen.

Haben wir z. B. einem Stamme von 22 cm Durchmesser ohne Rinde (also 11 cm bis zur Stammmitte) bei der Höhe von 1.3 Meter an dieser Stelle einen Bohrspan entnommen und auf diesem bei 7.5 cm Länge 30 Jahrringe gezählt, lässt ferner die Zunahme der Jahrringbreiten nach Innen annehmen, dass gegen die Stammmitte je drei Jahrringbreiten auf 1 cm gehen, so wäre die Anzahl der fehlenden Jahrringe bis zur Stammmitte, d. i. auf 11—7.5 = 3.5 cm, mit 10 anzunehmen und es ist, wenn die Höhe 1.3 Meter durchschnittlich etwa von der 10—12jährigen Pflanze erreicht wird, das Alter des betreffenden Stammes mit 50—52 Jahren anzusetzen.

Mit dem Pressler'schen Tiefbohrer kann, allerdings nur in Weichhölzern, bis zu 13—14 cm tief gebohrt werden, und man kann daher mit dessen Anwendung selbst bei 30 cm starken Stämmen bis nahe an die Mitte gelangen und damit deren Alter ziemlich genau bestimmen. Bei stärkeren Stämmen wird allerdings der Schluss aus dem (besonders mit dem gewöhnlichen Bohrer) erbohrten Stücke auf die weiteren Jahrringe bis zur Stammmitte schon unsicher und ebenso ist dies der Fall bei exzentrisch erwachsenen Stämmen, bei welchen die Jahrringe in verschiedenen Richtungen sehr ungleiche Breiten haben und die Markröhre als Mittelpunkt der Jahresringe beträchtlich ausserhalb der Stammesmitte gelegen ist.

Endlich können für die Altersbestimmung eines Baumes mitunter auch historische Nachweise, Aufschreibungen in den Wirtschaftsbüchern oder sonstige Nachweisungen darüber, dann die Aussagen und Mitteilungen älterer Forstbediensteter oder Holzhauer u. dgl. benützt werden, doch sind auch diese Mitteilungen nicht immer verlässlich.

b) Altersermittelung an gefällten Stämmen.

Die bekannte Eigenschaft unserer Holzgewächse, kenntliche und mehr oder weniger deutlich abgegrenzte Jahrringe zu bilden, ermöglicht es uns an einem möglichst tief am Boden geführten Abschnitte das Alter des gefällten Stammes genau zu bestimmen. Ein Fehler hierin könnte nur durch das Auftreten von sogenannten Doppel- oder Scheinringen oder durch das gänzliche Fehlen einzelner Jahrringe, oder auch durch sehr schmale und undeutliche Jahrringe veranlasst werden. Die beiden ersteren Vorkommen gehören überhaupt zu den seltenen Ausnahmen und können im allgemeinen die Sicherheit dieser Altersbestimmung nicht beeinträchtigen. Eine mehr oder weniger deutliche Abgrenzung innerhalb eines Jahrringes kann bei Unterbrechung der Vegetationstätigkeit infolge gänzlicher Entlaubung des Baumes durch Insekten, durch Spätfrost u. dgl. eintreten, doch sind solche Abgrenzungen meist schon mit freiem Auge, bestimmt aber bei Anwendung einer Loupe von den eigentlichen Jahrringgrenzen zu unterscheiden. Das Fehlen einzelner Jahrringe wurde bisher überhaupt nur in wenigen Fällen bei in sehr engem Schlusse stehenden oder unterdrückten Stämmen und zwar stets nur an einzelnen Stellen des Umfanges beobachtet[61]) und kann daher durch Ab-

61) Unter den zahlreichen Stämmen, welche Verf. auf ihren Zuwachsgang untersucht hat, waren z. B. bei einem Modellstamme der geringsten, nahezu unterdrückten Stammklasse, bei welchem die Breite der äusseren Jahrringe kaum mehr 0.1 mm betrug, von den letzten 10 Jahrringen vier an einer Stelle des Umfanges nicht auffindbar.

zählen der Jahrringe an verschiedenen Seiten des Querschnittes ein solcher Fehler leicht behoben werden.

Bei sehr schmalen und undeutlichen Jahrringen müssen verschiedene Hilfsmittel in Anwendung gebracht werden, um ein sicheres Zählen derselben zu ermöglichen. Zunächst ist der Schnitt oder Abhieb des Stammes, wie schon früher erwähnt, möglichst tief zu führen, um womöglich die 1—2jährige Pflanze mit dem Schnitte zu treffen; ferner empfiehlt es sich stets, den Abschnitt an der Stelle, an welcher die Jahrringe gezählt werden sollen, mit einem kleinen Hobel, einem scharfen Eisen oder auch mit dem Baumreisser zu glätten, wodurch die Jahrringsgrenzen deutlicher hervortreten. Bei sehr schmalen Jahrringen lässt man den Stamm mit einer scharfen Axt schräg behauen, wodurch die Jahrringe breiter und deutlicher sichtbar erscheinen; erforderlichen Falles nimmt man eine Loupe zu Hilfe. Ebenso wird man, wenn die innersten Jahrringe klein sind oder der Schnitt nicht tief genug geführt ist, durch einen schrägen Einhieb gegen die Mitte zu die Abzählung der Jahrringe daselbst ermöglichen.

Bei den Holzarten mit auffallend dunkler gefärbtem Herbstholze, wie der Lärche, Kiefer und Tanne, dann bei den ringporigen Hölzern, wie Eiche, Esche etc. genügt meist die blosse Glättung des Abschnittes; bei feinringigen Fichten ist oft schon die Benützung der Loupe und eines schräg einfallenden Lichtes erforderlich, um dieselben deutlich zu unterscheiden; bei den zerstreut-porigen Hölzern, hauptsächlich der Buche, müssen aber ausserdem oft auch noch Färbemittel in Anwendung gebracht werden, um die Jahrringe deutlicher hervortreten zu lassen. Als solche werden verdünnte Lösungen von rotem oder braunem Anilin, stark verdünnte Tinte oder Pikrinsäure, Eisenchlorid u. a. empfohlen; oft leistet aber auch schon das Einreiben der geglätteten Flächen mit schwarzer Humuserde ausreichende Dienste.

Bei grösserer Höhe des Abhiebes, welche bei starken Stämmen und in steileren Lehnen unvermeidlich ist, müssen zu der am Abschnitte gezählten Jahrringzahl noch einige Jahre hinzugerechnet werden, über deren Zahl (meist 2—5) die Stockhöhe und die schnellere oder langsamere Entwicklung der betreffenden Holzart in ihrer Jugend entscheidet. Den sichersten Anhalt für die Beurteilung dieses Alterszuschlages erhält man, wenn man in ganz jungen Beständen desselben Standortes einige Pflanzen am Wurzelstocke abschneidet und deren Alter bestimmt, dann dieselben in der gewöhnlichen Abhiebshöhe durchschneidet und hier gleichfalls die Jahrringe zählt. In der Differenz der Jahrringzahl am oberen und unteren Abschnitte erhält man die Anzahl der Jahre, welche die Pflanzen durchschnittlich bis zur Erreichung jener Abtriebshöhe gebraucht haben.

§ 43. Ermittelung des Alters ganzer Bestände. Bei vollkommen gleichalterigen Beständen genügt für deren Altersbestimmung, soferne nicht bei jüngeren Kulturbeständen das Jahr der Kulturausführung oder bei Niederwaldbeständen die Zeit des letzten Abtriebes aus den Aufschreibungen der Wirtschaftsbücher entnommen werden kann, die Altersermittelung an einem oder wenigen Stämmen, wozu man Stämme der mittleren oder stärkeren (aber nicht der stärksten) Stammklasse wählt, weil an diesen das Alter sicherer und leichter zu erheben ist als an unterdrückten Stämmen.

Im allgemeinen kann aber nur selten für alle Stämme eines Bestandes ein ganz gleiches Alter von vornherein angenommen werden. In Beständen, welche ganz oder teilweise aus natürlicher Verjüngung hervorgegangen sind, werden stets geringere oder grössere Altersunterschiede zu verzeichnen sein, und selbst die Kulturbestände enthalten häufig an belassenen Vorwüchsen ältere und infolge späterer Nachbesserungen jüngere Stämme als jene des Hauptbestandes; es wäre daher die Altersbestimmung nach einem einzigen Stamme, namentlich in Beständen, deren Entstehungsart nicht bekannt ist,

sehr unzuverlässig, — man wird vielmehr das Alter in solchen Fällen stets an mehreren Stämmen sowohl der mittleren als auch der stärkeren und geringeren Stammklasse zu bestimmen haben und hiezu naturgemäss die Modellstämme, welche zum Zwecke der Massen- oder auch Zuwachsermittelung gefällt werden, benützen. Ergiebt sich hiebei ein ungleiches Alter für die einzelnen Stärkeklassen des Bestandes, so entsteht die Frage, welches Alter in solchen ungleichalterigen Beständen als das mittlere Bestandesalter zu betrachten sei, und es ist die richtige Lösung dieser Frage sowohl für die Bestimmung des Durchschnittszuwachses oder die Einreihung des Bestandes in die Massenreihe einer Ertragstafel, bei einigen Ertragsregelungs-Methoden auch für die Vorausbestimmung der Abtriebszeit und des zu jener Zeit zu erwartenden Abtriebsertrages von grosser Wichtigkeit.

Keineswegs könnte einfach das arithmetische Mittel aus den an den Probestämmen erhaltenen Alterszahlen auch immer ohne weiteres als das richtige mittlere Bestandesalter betrachtet werden, was sofort einleuchtet, wenn wir uns einen Bestand einmal etwa zu $^2/_3$ aus 40jährigen und zu $^1/_3$ aus 60jährigen Stämmen, das anderemal zu $^1/_3$ aus 40jährigen und zu $^2/_3$ aus 60jährigen Stämmen zusammengesetzt denken und jedesmal für beide Altersklassen je zwei oder mehrere Modellstämme gefällt haben; in beiden Fällen würden wir als Durchschnittsalter 50 Jahre erhalten, während doch sowohl für den Durchschnittszuwachs als auch für die Bestimmung der Hiebsreife der erste Bestand beträchtlich jünger und der zweite beträchtlich älter als 50jährig anzunehmen sein wird. Auch die Berücksichtigung der Stammzahl würde noch nicht vor einem groben Fehler schützen, denn es ist sehr wohl möglich, dass der 40jährige Bestand doppelt so viele Stämme pro Hektar besitzt als der 60jährige, und man würde dann im zweiten Falle auch nach dem Draudt'schen Verfahren für beide Altersgruppen gleichviel Modellstämme, also ein Durchschnittsalter von 50 Jahren erhalten. Es muss vielmehr je nach Umständen die Masse, welche die einzelnen Modellstämme repräsentieren oder die Fläche, welche die einzelnen Altersstufen einnehmen, berücksichtigt werden, wonach man auch ein Massenalter und ein Flächenalter unterscheidet.

Für die Bestimmung des Durchschnittszuwachses bei Aufnahmen für die Aufstellung einer Ertragstafel oder für die Einreihung eines Bestandes in die Standortsklassen und Altersstufen einer gegebenen Ertragstafel ergibt sich aus dem Zwecke dieser Aufnahme und Altersbestimmung von selbst, dass als mittleres Bestandesalter dasjenige zu betrachten ist, in welchem ein gleichalteriger Bestand dieselbe Holzmasse erzeugt haben würde, welche der ungleichalterige Bestand gegenwärtig besitzt[62]. Hätten wir eine dem betreffenden Bestande nach Standort und Bestockungsgrad (Bestandesdichte) vollkommen entsprechende Ertragstafel, so könnte man das mittlere Alter einfach dieser Ertragstafel entnehmen, indem man die im Bestande pro Hektar erhobene Masse und das zugehörige Alter in derselben aufsucht; da aber die hiefür unerlässliche volle Uebereinstimmung des aufzunehmenden Bestandes mit den Voraussetzungen irgend einer Ertragstafel in Bezug auf Standort, Bestockung und Entwicklungsgang kaum jemals ganz zutrifft und auch sehr schwer zu beurteilen ist, so kann

62) Siehe G. Heyer, Ueber die Ermittelung der Masse, des Alters und des Zuwachses der Holzbestände. Dessau 1852. Wimmenauer will dagegen als das mittlere Bestandesalter dasjenige Alter betrachtet wissen, welches ein gleichaltriger Bestand jetzt haben müsste, um denselben Haubarkeitsertrag zu liefern, wie der ungleichaltrige Bestand. (Siehe A. F. und J. Z. 1890, S. 277.) Die Bestimmung dieses Alters ist aber aus naheliegenden Gründen viel unsicherer als jene des mittleren Alters im obigen Sinne.

dieser, gleichwohl von einigen Autoren (Karl, Gümbel) empfohlene Weg nicht eingeschlagen werden, sondern wir müssen das mittlere Bestandesalter nach der eben gegebenen Auffassung desselben aus dem erhobenen Alter der einzelnen Stammklassen rechnungsmässig bestimmen.

Die Masse irgend eines Bestandes können wir bekanntlich auch als das Produkt aus dessen Durchschnittszuwachs und Alter betrachten, $M = {}_dZ \cdot A$, und es ist also umgekehrt auch das Alter des gleichalterigen Bestandes $A = \frac{M}{{}_dZ}$. Für den ungleichalterigen Bestand ist $M = m_1 + m_2 + m_3 + \ldots$ d. h. gleich der Summe der Massen der einzelnen Stärke- (bezw. Alters-)stufen, und der Durchschnittszuwachs der letzteren ist $\frac{m_1}{a_1}, \frac{m_2}{a_2}, \frac{m_3}{a_3} \ldots$, wenn $a_1, a_2, a_3 \ldots$ die an den Modellstämmen erhobenen Alter der einzelnen Stärkeklassen sind. Unter Annahme nun, dass der Durchschnittszuwachs des gleichalterigen Bestandes gleich sei dem gesamten Durchschnittszuwachse des ungleichalterigen, also ${}_dZ = \frac{m_1}{a_1} + \frac{m_2}{a_2} + \frac{m_3}{a_3} + \ldots$, welche Annahme bei nicht zu grossen Altersdifferenzen sehr nahe zutreffen wird, erhalten wir also für das mittlere Massenalter eines ungleichalterigen Bestandes die Formel

$$A_I = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \ldots}{\frac{m_1}{a_1} + \frac{m_2}{a_2} + \frac{m_3}{a_3} + \ldots} \quad \ldots 1,$$

welche Formel zuerst von Smalian (1840) und C. Heyer (1841) aufgestellt worden ist. Gustav Heyer[63]) gibt diese Formel in der Form:

$$A_I = \frac{f_1 z_1 a_1 + f_2 z_2 a_2 + f_3 z_3 a_3 + \ldots}{f_1 z_1 + f_2 z_2 + f_3 z_3 + \ldots} \quad \ldots 2,$$

worin $f_1, f_2, f_3 \ldots$ die Flächen, welche die einzelnen Stammklassen einnehmen, $z_1, z_2, z_3 \ldots$ deren Durchschnittszuwachs pro Flächeneinheit und $a_1, a_2, a_3 \ldots$ wieder die Alter bedeuten, somit $f_1 z_1 a_1, f_2 z_2 a_2, f_3 z_3 a_3 \ldots$ wieder die Massen und $f_1 z_1, f_2 z_2, f_3 z_3 \ldots$ wieder den Durchschnittszuwachs der einzelnen Klassen, nur in anderer Form als in der obigen Formel darstellen. Die letztere Form ist für die Vergleichung und Prüfung anderer Berechnungsarten des mittleren Bestandesalters besser geeignet, wogegen für die Berechnung desselben die erstere anzuwenden ist.

Setzt man in Formel 2: $z_1 = z_2 = z_3 = \ldots = z$, so erhält man, indem man Zähler und Nenner durch z dividiert, die Formel für das sogenannte Flächenalter:

$$A_{II} = \frac{f_1 a_1 + f_2 a_2 + f_3 a_3 + \ldots}{f_1 + f_2 + f_3 + \ldots} \quad \ldots 3,$$

welche Formel von Gümbel fast gleichzeitig mit der vorigen (1841) aufgestellt wurde.

Es ergibt sich hieraus, dass die letztere Formel nur dann mit der ersteren übereinstimmt, wenn der Durchschnittszuwachs pro Flächeneinheit in den im betreffenden Bestande vertretenen Alterstufen gleich ist, was dann annähernd der Fall sein wird, wenn der ganze Bestand nahe dem Alter des grössten Durchschnittszuwachses steht, weil in diesem Alter der Durchschnittszuwachs sich nur sehr wenig ändert.

Da die Anwendung der Formel 3 die Kenntnis der Flächen, welche von den einzelnen Alterstufen eingenommen werden, voraussetzt, so ist dieselbe weniger zur Berechnung des mittleren Alters eines ungleichalterigen Bestandes (wo diese Altersstufen durcheinander gemengt sind), als vielmehr zur Berechnung des Durchschnittsalters mehrerer Bestände oder auch einer ganzen Betriebsklasse geeignet, für welchen Fall dieselbe auch meistens angewendet wird.

---

63) a. a. O. Seite 85.

Wollte man anstatt der Flächen die Stammzahlen $n_1, n_2, n_3 \ldots$ der einzelnen Altersstufen berücksichtigen, so erhält man analog der Formel 3 die Formel

$$A_{III} = \frac{n_1 a_1 + n_2 a_2 + n_3 a_3 + \ldots}{n_1 + n_2 + n_3 + \ldots} \quad \ldots . 4.$$

Soll diese Formel das richtige Massenalter im Sinne der Formeln 1 und 2 geben, so müsste der Durchschnittszuwachs der Einzelstämme in den verschiedenen Stammklassen (bezw. Altersstufen) gleich sein, denn es ist, wenn wir mit $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3 \ldots$ den Durchschnittszuwachs der Mittelstämme dieser Klassen bezeichnen,

$$m_1 = \zeta_1 a_1 n_1, \quad m_2 = \zeta_2 a_2 n_2, \quad m_3 = \zeta_3 a_3 n_3 \ldots, \text{ also}$$

$$A_I = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \ldots}{\frac{m_1}{a_1} + \frac{m_2}{a_2} + \frac{m_3}{a_3}} = \frac{\zeta_1 a_1 n_1 + \zeta_2 a_2 n_2 + \zeta_3 a_3 n_3 + \ldots}{\zeta_1 n_1 + \zeta_2 n_2 + \zeta_3 n_3 + \ldots},$$

und wenn $\zeta_1 = \zeta_2 = \zeta_3 = \ldots = \zeta$, wird, indem wir Zähler und Nenner durch ζ dividieren,

$$A_1 = \frac{a_1 n_1 + a_2 n_2 + a_3 n_3}{n_1 + n_2 + n_3} = A_{III}.$$

Für die Uebereinstimmung der Formel 4 mit der Formel des Flächenalters (3) müsste die Stammzahl der einzelnen Altersstufen pro Flächeneinheit gleich sein, denn dann wäre, wenn wir diese Stammzahl mit ν bezeichnen, $n_1 = f_1 \nu$, $n_2 = f_2 \nu$, $n_3 = f_3 \nu \ldots$, somit

$$A_{III} = \frac{n_1 a_1 + n_2 a_2 + n_3 a_3 + \ldots}{n_1 + n_2 + n_3 + \ldots} = \frac{f_1 \nu a_1 + f_2 \nu a_2 + f_3 \nu a_3 + \ldots}{f_1 \nu + f_2 \nu + f_3 \nu + \ldots}$$

$$= \frac{f_1 a_1 + f_2 a_2 + f_3 a_3 + \ldots}{f_1 + f_2 + f_3 + \ldots} = A_{II}.$$

Die Annahme, dass die Stämme der verschiedenen Stärkeklassen eines Bestandes gleichen Durchschnittszuwachs besitzen, widerspricht aber ebenso wie die Annahme gleicher Stammzahlen pro Hektar in verschiedenen Altern dem tatsächlichen diesbezüglichen Verhalten der Bestände, und es ist daher die Formel 4 zur Anwendung nicht zu empfehlen.

Wird in Formel 4 für die einzelnen Stammklassen eine gleiche Stammzahl angenommen, wie dies bei der Auswahl der Modellstämme nach dem Verfahren von Draudt-Urich der Fall ist, also $n_1 = n_2 = n_3 \ldots = n'$, so geht dieselbe unmittelbar in die Formel

$$A_{IV} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \ldots + a_n}{n} \quad \ldots 5;$$

also in die Formel der Berechnung als arithmetisches Mittel des Alters der Probestämme über.

Es ergibt sich hieraus, dass die Bestimmung des mittleren Bestandesalters nach dem arithmetischen Mittel aus den an einer Draudt'schen Modellstammreihe gefundenen Altern der Berechnung desselben nach der Formel 4 gleichkommt, deren Nichtübereinstimmung mit der Formel des richtigen mittleren Massenalters wir soeben nachgewiesen haben.

Um mit dem einfachen arithmetischen Mittel des Alters aller Modellstämme das richtige Flächenalter zu erhalten, müssten die einzelnen Altersstufen mit gleichen Flächen vertreten sein, denn wenn $f_1 = f_2 = f_3 = \ldots = f$, so ist

$$A_{II} = \frac{f_1 a_1 + f_2 a_2 + f_3 a_3 + \ldots + f_n a_n}{f_1 + f_2 + f_3 + \ldots + f_n} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \ldots + a_n}{n} = A_{IV};$$

das richtige Massenalter erhalten wir aber auf diesem Wege nur dann, wenn die ein-

zelnen Alters- oder Stammklassen nicht nur gleiche Flächen, sondern auch gleichen Durchschnittszuwachs pro Flächeneinheit besitzen, denn damit

$$A_I = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \ldots}{\frac{m_1}{a_1} + \frac{m_2}{a_2} + \frac{m_3}{a_3} + \ldots} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \ldots a_n}{n} = A_{IV}$$

werde, muss $\frac{m_1}{a_1} = \frac{m_2}{a_2} = \frac{m_3}{a_3} \ldots$, oder $f_1 z_1 = f_2 z_2 = f_3 z_3 \ldots$ sein.

Es ist nun, da die Bestimmung des mittleren Bestandesalters nach dem arithmetischen Mittel des Alters der Probestämme die einfachste Art der Berechnung und deshalb auch in der Praxis vorwiegend angewendet ist, nicht ohne Bedeutung, festzustellen, unter welcher Voraussetzung diese Berechnung auch theoretisch begründet erscheint, beziehungsweise welche Gruppierung der Stammklassen für die Altersbestimmung gewählt werden müsste, um mit diesem arithmetischen Mittel auch das richtige Massenalter zu erhalten. Die obige Bedingung, dass $\frac{m_1}{a_1} = \frac{m_2}{a_2} = \frac{m_3}{a_3} \ldots$ sein müsse, können wir, wenn wir die Massen m_1, m_2, $m_3 \ldots$ durch ihre Faktoren, die Stammgrundflächen, Höhen und Formzahlen der einzelnen Stammgruppen, ausdrücken, auch in der Form ansetzen, dass

$$\frac{g_1 h_1 f_1}{a_1} = \frac{g_2 h_2 f_2}{a_2} = \frac{g_3 h_3 f_3}{a_3} = \ldots$$

sein muss. Nun kann angenommen werden, dass in demselben Bestande die durchschnittliche Zunahme der Stammklassen an Walzen- oder Formhöhe (Höhe $\times$ Formzahl) annähernd gleich sei, also $\frac{h_1 f_1}{a_1} = \frac{h_2 f_2}{a_2} = \frac{h_3 f_3}{a_3}$, und es ergibt sich dann noch die Bedingung, dass auch $g_1 = g_2 = g_3 = \ldots$ sei, welcher Bedingung bekanntlich die Verteilung der Modellstämme nach dem Hartig'schen Verfahren der Bestandesaufnahme entspricht. Es würde demnach bei der Anwendung dieses Verfahrens zur Massenaufnahme stets zulässig sein, das mittlere Bestandesalter einfach nach dem arithmetischen Mittel des Alters der Probestämme zu bestimmen.

Für die Anwendung der Formel 1 zur Altersbestimmung ist die Bestandesaufnahme nach Stärke- oder Höhenklassen am besten geeignet, weil diese die Masse der einzelnen Klassen ergibt, was beim Draudt'schen Verfahren nicht der Fall ist.

Es wird dabei angenommen, dass die stärkeren und höheren Stammklassen auch die älteren sind, welche Voraussetzung im vorhinein die Wahrscheinlichkeit für sich hat, und auch durch die bisherigen Erhebungen in Beständen im grossen und ganzen bestätigt wird[64]); aber nicht ohne vielfache Ausnahmen im einzelnen.

Man wird nicht selten, besonders wenn nur wenige Modellstämme gefällt und auf ihr Alter untersucht wurden, für die geringeren Stammklassen sogar ein höheres Alter erhalten als für die stärkeren Klassen. In solchen Fällen hätte es keinen Zweck, das mittlere Bestandesalter nach einer Formel zu berechnen, da aus dem Ergebnisse von vielleicht nur einem oder zwei Modellstämmen der einzelnen Klassen keineswegs zu folgern ist, dass alle geringen Stämme älter seien als die stärkeren; es werden vielmehr voraussichtlich die Altersunterschiede durch alle Stammklassen gemengt vorkommen und man ist daher um so eher berechtigt, in diesem Falle als Bestandesalter einfach das arithmetische Mittel des Alters der Probestämme zu nehmen.

Unsere vorstehenden theoretischen Betrachtungen sind zunächst für eine grundsätzlich richtige Auffassung des mittleren Bestandesalters, aber auch für die wirkliche

64) Siehe z. B. Weise, Ertragstafeln für die Kiefern. Berlin 1880. Seite 34.

Durchführung der Altersbestimmung stets dann von Bedeutung, wenn grössere Altersunterschiede vorkommen und wenn ein möglichst zuverlässiges Resultat erlangt werden soll.

Bei geringeren Altersunterschieden wird man auch mit der einfachen Methode des arithmetischen Mittels für viele Fälle ein genügend genaues Resultat erhalten, und zwar wird das so berechnete Bestandesalter mit dem richtigen mittleren Massenalter um so näher übereinstimmen, je geringer die Altersunterschiede sind, je mehr Probestämme dazu benutzt wurden und je mehr diese Modellstämme der Stammklassenbildung nach dem Hartig'schen Verfahren entsprechen. Die Vergleichung der Ergebnisse beider Berechnungsarten in einer grossen Zahl von Probeaufnahmen der württembergischen und sächsischen Versuchsflächen [65]) hat in der grössten Zahl der Fälle nur sehr geringe Unterschiede ergeben.

Noch haben wir hier zweier Umstände zu erwähnen, welche speziell bei der Altersbestimmung in aus natürlicher Verjüngung oder aus dem Plänterhiebe hervorgegangenen Beständen zu berücksichtigen sind; das ist die Aenderung des mittleren Bestandesalters durch das allmähliche Ausscheiden der geringeren Stammklassen und die Frage, inwieweit bei der Altersbestimmung jene Zeit in Anrechnung kommen soll, während welcher die Pflanzen noch im Drucke des Altbestandes gestanden waren.

Im Wege der Durchforstungen werden zumeist die geringeren und somit überwiegend auch die jüngeren Stammklassen aus solchen ungleichalterigen Beständen entfernt; es ist also naheliegend, dass, wenn man das mittlere Alter eines Bestandes vor der Durchforstung mit Berücksichtigung aller Stammklassen und dann ebenso nach der Durchforstung aus den verbleibenden Stammklassen des Hauptbestandes erhebt, diese zweite Altersbestimmung (in demselben Jahre) nicht das gleiche, sondern ein höheres Alter ergibt als die erste, weil die jüngste Stammklasse inzwischen ausgeschieden wurde; ebenso erhält man an einer Versuchsfläche, deren mittleres Alter früher auf a Jahre bestimmt wurde, wenn dieselbe nach n Jahren und inzwischen stattgehabter Durchforstung wieder aufgenommen wird, nicht das Alter von $a + n$ Jahren, wie es rechnungsmässig der Fall sein müsste, sondern zumeist ein anderes und zwar ein um einige Jahre höheres Durchschnittsalter. Es würde also das mittlere Alter solcher Bestände nicht nur im Verhältnisse der Zeit, sondern auch nach Massgabe der inzwischen ausgeführten Durchforstungen zunehmen.

Diese Unterschiede zwischen dem rechnungsmässigen und dem wirklichen Bestandesalter bei wiederholten Aufnahmen desselben Bestandes werden im allgemeinen um so grösser sein, je grösser die Altersunterschiede im Bestande überhaupt sind, und je weniger Modellstämme zur Altersbestimmung jedesmal benutzt wurden.

Um der damit insbesondere bei Versuchsflächen eintretenden Unsicherheit und Störung zu begegnen, wären schon bei der ersten, und ebenso bei allen weiteren Altersbestimmungen in solchen Beständen nicht alle Stammklassen, sondern nur jene zu berücksichtigen, welche voraussichtlich den künftigen Haubarkeitsbestand bilden werden [66]).

Bestände, welche aus dem Femelschlagbetriebe oder aus dem Plänterhiebe hervorgegangen sind, waren in der Regel in ihrer ersten Jugend in ihrer Entwicklung durch kürzere oder längere Zeit durch die Ueberschirmung des Oberbestandes zurückgehalten, sie waren „unterdrückt", wie man dies zu bezeichnen pflegt, und wir finden dies, und

---

65) Vergl. Lorey, Ertragstafeln für Weisstanne 1884. S. 86 und Kunze, Beiträge zur Kenntnis des Ertrages der Fichte. Suppl. z. Thar. J. III. Bd. 1. Heft, S. 19.

66) Vergl. Theod. Nördlinger, Das mittlere Bestandesalter. A. F. u. J. Z. Septemberheft 1886.

zwar am häufigsten bei Tannen und Buchen, durch enge Jahrringe im Kerne des Stockabhiebes zumeist deutlich ausgeprägt.

Es ist nun naheliegend, dass weder für die Beurteilung der Ertragsfähigkeit des Standortes, noch für die Einreihung eines solchen Bestandes in die Massenreihe einer aufzustellenden oder bereits bestehenden Ertragstafel, und ebensowenig anderseits für die Bemessung des künftigen Abtriebsertrages, diese Zeit eines durch den Oberbestand wesentlich gehemmten Zuwachses voll in Anrechnung gebracht werden kann; es muss vielmehr in diesem Falle das wirtschaftliche Alter des Bestandes von dessen physischem Alter unterschieden werden, welches erstere vom Standpunkte des Umtriebes erst von der Zeit der ausreichenden Freistellung des Jungbestandes beginnt und bei Verjüngungsschlägen um 10—15 Jahre, im Plänterwalde aber auch um 30—40 Jahre geringer sein kann als das letztere.

Aus der oben aufgestellten Definition des mittleren Bestandesalters ergibt sich unzweifelhaft, dass man auch hier anstatt der Jahre, welche der Jungbestand im Drucke des Altholzes gestanden war, jene Zeit anzurechnen hat, welche die Pflanzen im freien Stande gebraucht hätten, um dieselbe Stärke und Höhe zu erreichen, die sie zur Zeit der Freistellung gehabt haben.

Man wird also bei der Bestimmung des Alters der einzelnen Modellstämme die Jahrringe am Stockabschnitte nur bis zu dem engringigen Kern hinein zählen, dessen Durchmesser abnehmen und zu der obigen Jahrringzahl soviele Jahre hinzuschlagen, als nach Erhebungen in frei erwachsenen Jungbeständen die Pflanzen im Durchschnitte benötigen, um diesen Durchmesser in der Stockhöhe zu erreichen [67]).

Für die blosse Schätzung des durchschnittlichen Bestandesalters nach äusseren Merkmalen gilt das im vorigen § über die Altersschätzung an Einzelstämmen Gesagte.

V. Ermittelung des Zuwachses.

§ 44. Begriff und Arten des Zuwachses. Unter Zuwachs versteht man die durch das jährliche Dicken- und Längenwachstum der Bäume gegebene Zunahme der Höhe und Stärke und die dadurch bedingte Vermehrung der Holzmasse eines Baumes oder eines Bestandes in einem bestimmten Zeitraume. An dem Einzelstamme ist daher der Höhenzuwachs, bezw. Längenzuwachs am Stamm und den Aesten, der Stärke- oder Durchmesserzuwachs und die damit gegebene Vergrösserung der Querflächen als Flächenzuwachs, endlich die Zunahme an Holzmasse des ganzen Stammes als Massenzuwachs zu unterscheiden; während am Bestande neben der Höhenzunahme desselben hauptsächlich die Vergrösserung der gesamten Stammgrundfläche und der Zuwachs an Holzmasse in Betracht kommt.

Der Höhen- und Stärkezuwachs wird nach Metern, bezw. cm oder mm, der Flächenzuwachs der Einzelstämme nach Quadrat-Zentimetern, der Gesamtgrundflächenzuwachs des Bestandes nach Quadrat-Metern, der Massenzuwachs des Baumes und Bestandes nach Festkubikmetern berechnet.

Der Zeit nach, in welcher der Zuwachs erfolgt, unterscheidet man den Zuwachs eines Jahres in einer der oben bezeichneten Richtungen als einjährigen Zuwachs, welcher, wenn er sich auf das laufende oder eben abgelaufene Jahr bezieht, als laufend-jährlicher oder laufender Jahreszuwachs bezeichnet wird, dann den Zuwachs mehrerer Jahre als periodischen Zuwachs und die Gesamtzuwachsleistung von der Entstehung des Baumes oder Bestandes bis zu einem bestimmten

---

67) Vergl. Lorey, Die Altersbestimmung in Weisstannenbeständen, A. F. u. J. Z. 1882. S. 263 u. ff., dann dessen Ertragstafeln für die Weisstanne 1884, Seite 13 u. ff.

Alter als Gesamtalterszuwachs. Der letztere ist demnach durch die Totalhöhe, die Stärke (den Durchmesser) oder die Querfläche und durch die gesamte Holzmasse des Baumes oder Bestandes in dem betreffenden Alter gegeben.

Die durchschnittliche Zuwachsleistung für ein Jahr innerhalb eines solchen Zeitraumes nennt man den durchschnittlich-periodischen, beziehungsweise den Gesamtalters-Durchschnittszuwachs, welcher letztere, wenn er sich auf den durchschnittlich jährlichen Zuwachs von der Entstehung des Baumes oder Bestandes bis zu dessen Abtriebsalter bezieht, als Haubarkeits-Durchschnittszuwachs bezeichnet wird.

Die Zuwachsgrösse selbst für einen bestimmten Zeitraum ist daher stets durch eine Differenz (der Höhe, Stärke, Masse etc. zu Beginn und am Schlusse des betreffenden Zeitraumes), der durchschnittlich-jährliche Zuwachs aber durch einen Quotienten gegeben, indem die gesamte Zuwachsleistung durch die Anzahl der Jahre, innerhalb welcher sie erfolgte, dividiert wird.

Angenommen, ein Bestand hätte am Schluss des 80. Jahres 443 Festmeter, am Schlusse des 81. Jahres 451 fm, am Schlusse des 90. Jahres 519 fm und am Schlusse des 100. Jahres 592 fm, so ist der laufende jährliche Zuwachs des 81. Jahres = 451 — 443 = 8 fm; der periodische Zuwachs vom 80. bis zum 90. Jahre = 519 — 443 = 76 fm, der Gesamtalterszuwachs des 80jährigen Bestandes 443 fm; der durchschnittlich-periodische Zuwachs vom 80. bis zum 90. Jahre ist = 76 : 10 = 7.6 fm, der Altersdurchschnittszuwachs im 80. Jahre = 443 : 80 = 5.54 fm und der Haubarkeits-Durchschnittszuwachs bei Annahme einer 100jährigen Umtriebszeit = 592 : 100 = 5.92 fm.

Die Zuwachsermittelung kann nun entweder auf den laufenden jährlichen Zuwachs, auf jenen einer abgelaufenen Zeitperiode (Zuwachsermittelung nach rückwärts), oder auch auf die Erhebung des gesamten Zuwachsganges von der Entstehung des Baumes oder Bestandes bis zur Gegenwart (Erhebung des Wachstumganges) gerichtet sein; sie kann sich endlich auch die Bestimmung des wahrscheinlichen Zuwachses einer nächstvorliegenden Zeitperiode (Zuwachsermittelung nach vorwärts) zur Aufgabe machen.

Auch für die Ermittelung des einjährigen Zuwachses wird übrigens, der geringen Grösse der jährlichen Stärke- und Massenzunahme wegen und um die Schwankungen des Zuwachses in den einzelnen Jahren mehr auszugleichen, meist der Zuwachs mehrerer Jahre gemessen und es tritt also an Stelle der Ermittelung des laufend-jährlichen meist jene des durchschnittlich-jährlichen Zuwachses einer mehrjährigen Zeitperiode.

Eine volle Genauigkeit der Zuwachsbestimmung nach rückwärts ist wohl für den Längen- und Stärken- oder Flächenzuwachs, nicht aber für den Massenzuwachs möglich, da hier die Unregelmässigkeit der Stammformen, die Veränderlichkeit des Stärke- und Flächenzuwachses in verschiedenen Stammhöhen und Stammteilen stets nur eine annähernde Bestimmung der Massenzunahme ermöglicht; der Zuwachs an Höhe, Stärke oder Masse nach vorwärts kann immer nur nach seinem wahrscheinlichen Verhalten beurteilt werden.

Nicht immer genügt, insbesondere bezüglich des Massenzuwachses, die Kenntnis der absoluten Zuwachsgrössen; für viele Aufgaben des Forstbetriebes und der Forsteinrichtung ist die Kenntnis der relativen Zuwachsleistung, also die Bestimmung des Verhältnisses zwischen der gegebenen Stärke, Fläche oder Masse und dem daran erfolgenden Zuwachse notwendig, und es gehört daher auch die Ermittelung des Zuwachsprozentes, insbesondere des Massenzuwachsprozentes, an Bäumen und Beständen in den Kreis unserer hier zu behandelnden Aufgaben.

A. Zuwachsermittelung am Einzelstamme.

§ 45. Ermittelung des Höhenzuwachses. Der laufende Höhenzuwachs

eines Jahres oder jener der letzten, etwa njährigen Zeitperiode kann an gefällten Nadelhölzern, an welchen die jährlichen Höhentriebe durch die Astquirle deutlich ersichtlich sind, unschwer durch die Messung des letzten Höhentriebes, bezw. durch Abzählung und Messung der letzten n Höhentriebe gefunden werden, welche Messung bei jüngeren Nadelhölzern auch am stehenden Stamme vorgenommen werden kann. Sind, wie bei Laubhölzern und auch mitunter bei älteren Nadelhölzern, die Höhentriebe der einzelnen Jahre nicht sicher kenntlich, so wird man sich durch einen Querschnitt an der betreffenden Stelle und durch Abzählen der Jahrringe daselbst vergewissern, ob das betreffende Gipfelstück eben n Höhentriebe enthält; finden sich an jener Stelle mehr oder weniger als n Jahrringe, so hat man durch weitere nach aufwärts oder abwärts am Stamme geführte Querschnitte jene Stelle aufzusuchen, wo eben noch n Jahrringe, unterhalb welcher aber bereits $n+1$ Jahrringe vorhanden sind. Diese letzte Abschnittsstelle ist das Gipfelende des Stammes vor n Jahren und die Länge des Stückes von diesem Querschnitte bis zum gegenwärtigen Gipfelende ist der Höhenzuwachs der letzten n Jahre.

Am stehenden Stamme kann der einjährige oder periodische Höhenzuwachs nur bei Nadelhölzern, und auch bei diesen nur insolange die Höhentriebe noch deutlich sichtbar sind, und zwar indirekt dadurch ermittelt werden, dass man die Gesamthöhe des Stammes und, nach Abzählung der betreffenden Anzahl von Astquirlen, die Höhe desselben vor n Jahren misst; die Differenz der beiden Höhen ergibt dann den Höhenzuwachs. Bei älteren Nadelholzstämmen und ebenso bei den Laubhölzern kann die Ermittelung des Höhenzuwachses nur am gefällten Stamm erfolgen.

Soll der Höhenzuwachs für alle Altersperioden eines Stammes ermittelt werden, so kann dies wieder bei jungen Nadelhölzern mit Hilfe der bis ganz oder nahe zum Stammgrund noch ersichtlichen Jahrestriebe in einfachster und ganz genauer Weise erfolgen; eventuell würde man einige Querschnitte im untersten Stammteile, wo eben die Astquirle meist bereits weniger kenntlich sind, zu Hilfe nehmen, um an diesen das Gesamtalter des Stammes und den Höhenzuwachs desselben in der ersten Jugend zu ermitteln. In allen anderen Fällen kann man den Gang des Höhenzuwachses eines älteren Stammes zwar nicht von Jahr zu Jahr, aber in Zeitperioden von je einigen Jahren dadurch feststellen, dass man in Entfernungen von je 1 oder 2 Metern Querschnitte führt und an diesen die Anzahl der Jahrringe abzählt. Da die Anzahl der Jahrringe an irgend einer Querschnittsstelle stets auch die Zahl der oberhalb dieser Stelle gelegenen Höhentriebe angibt, so erhält man in der Differenz dieser Jahrringezahl gegen das Gesamtalter des Stammes auch umgekehrt das Alter des Stammes, in welchem er die Höhe des betreffenden Querschnittes erreicht hat. Hätte man z. B. das Alter eines Stammes am Stockabschnitte mit 82 Jahren erhoben und an einem Querschnitte in der Höhe von 1.3 m 76 Jahrringe gezählt, so hätte der Stamm, da 76 Höhentriebe oberhalb dieser Messstelle liegen, $82-76=6$ Jahre gebraucht, um die Höhe von 1.3 Meter zu erreichen. Man erhält also auf diese Weise für eine Reihe von Altersstufen des Stammes die zugehörigen Höhen und kann dann durch graphische oder rechnungsmässige Interpolation dieser Reihe den Höhenzuwachs in den einzelnen Zeitperioden von 5 zu 5 oder von 10 zu 10 Jahren feststellen. Da der Höhenzuwachs in der Jugend ein lebhafterer ist als im späteren Alter, so kann auch die Entfernung der Querschnitte im unteren Stammteile grösser genommen werden, als gegen den Gipfel zu, wo bei alten Stämmen mit sehr geringem Höhenzuwachs die Querschnitte oft auf $^1/_2$—1 Meter genähert werden müssen, um den Höhenzuwachs von 10 zu 10 Jahren verlässlich zu erhalten, während für denselben Zweck in dem mittleren und unteren Stammteile eine Entfernung der Querschnitte von je 2—4 Metern zulässig sein kann;

nur gegen den Stammgrund zu werden wegen des meist geringen Höhenzuwachses in den ersten Wachstumsjahren die Querschnitte wieder etwas näher zu legen sein.

Zu berücksichtigen ist ferner der Umstand, dass die Querschnitte meist nicht genau an die Grenze der einzelnen Jahres-Höhentriebe, sondern zwischen diese zu liegen kommen, daher auch die Höhe für das betreffende Alter etwas zu gross erhalten wird, welcher Fehler im ungünstigsten Falle nahezu die Länge des betreffenden Jahreszuwachses erreichen kann. Bei Nadelhölzern kann man diesem Fehler dadurch begegnen, dass man die Querschnitte womöglich stets unmittelbar oberhalb eines Astquirles führt.

Beispiel. An einer Kiefer wurden am Abhiebe 80 Jahrringe gezählt und deren Alter unter Zuschlag von zwei Jahren für die Abhiebshöhe (0.2 m) auf 82 Jahre bestimmt. Der nächste Querschnitt wurde bei 1.3 m, der gewöhnlichen Grundstärken-Messhöhe, und die weiteren von da im unteren Stammteile nach je 4 m, weiter hinauf nach 3 m, 2 m und selbst 1 m geführt. Die Zählung der Jahrringe auf diesen Querschnitten ergab folgende Zahlen:

Höhe des Querschnittes vom Boden in m:	0.2	1.3	5.3	9.3	12.3	14.3	16.3	18.3	20.3	21.3
Anzahl der Jahrringe:	80	76	71	63	57	51	43	32	19	10
Den obigen Höhen entsprechendes Stammalter:	2	6	11	19	25	31	39	50	63	72

Die Totalhöhe (für den 82jähr. Stamm) betrug 22.5 Meter.

Die obige Reihe ergibt uns die Stammhöhe für die Alter von 2, 6, 11, 19 u. s. w. Jahren; soll nun der Höhenzuwachs in Altersperioden von 10 zu 10 Jahren bestimmt. also die Höhe für die Alter von 10, 20, 30 etc. Jahren festgestellt werden, so kann dies aus der obigen Reihe annähernd durch folgende Rechnung geschehen: Für die Höhe des 10jährigen Stammes ist die oben mit 5.3 m gegebene Höhe des 11jährigen Stammes um den Höhenzuwachs eines Jahres zu vermindern; der Stamm ist vom 6. bis zum 11. Jahre, d. i. in 5 Jahren, von 1.3 m auf 5.3 m, also um 4 m in der Höhe gewachsen, somit pro Jahr um $4 : 5 = 0.8$ m; die Höhe des 20jährigen Stammes ist also mit $5.3 - 0.8 = 4.5$ m anzunehmen. Die Höhe des 20jährigen Stammes erhält man durch Zuschlag eines einjährigen Höhenzuwachses zu der oben mit 9.3 m gegebenen Höhe des 19jährigen Stammes; also, da der Stamm vom 19. bis 25. Jahre, d. i. in 6 Jahren um 3 Meter oder pro Jahr um $3 : 6 = 0.5$ m an Höhe zugenommen hat, mit $9.3 + 0.5 = 9.8$ Meter u. s. w.

Sehr empfehlenswert ist die graphische Methode dieser Interpolation, welche zugleich ein anschauliches Bild des Zuwachsganges der Stammhöhe gibt. Man trägt zu diesem Zwecke in einem beliebigen Massstabe, am besten auf Millimeterpapier, die Alter, für welche die Höhen bekannt sind, als Abszissen und die zugehörigen Höhen als Ordinaten auf und verbindet die Endpunkte der letzteren durch eine Kurve, welche sodann den Wachstumsgang der Höhe durch die ganze Lebensdauer des Baumes darstellt und aus welcher auch die Stammhöhen für beliebige Altersstufen, also von 5 zu 5 oder von 10 zu 10 Jahren entnommen werden können. Die Differenzen dieser Höhen geben sodann den periodischen Höhenzuwachs der einzelnen Altersstufen.

Fig. 45.

Die auf solche Weise ausgeführte Verzeichnung der obigen Zahlen für die Alter und die zugehörigen Höhen (siehe Fig. 45) ergibt für

das Alter von:	10	20	30	40	50	60	70	80	82 Jahren
die Höhen von:	4.2	9.8	13.9	16.4	18.3	19.7	21.0	22.2	22.5 Meter
somit einen periodischen Höhenzuwachs von:	4.2,	5.6,	4.1,	2.5,	1.9,	1.4,	1,3,	1.2,	0.3 Meter.

Die Bestimmung des voraussichtlichen Höhenzuwachses der nächsten Jahre, also **nach vorwärts**, hat nach dem Verhalten der letztjährigen Höhentriebe und deren

Zu- oder Abnahme sowie unter Berücksichtigung der bekannten allgemeinen Gesetze über den Gang des Höhenzuwachses zu erfolgen. Am sichersten kann derselbe aus der oben beschriebenen graphischen Darstellung des bisherigen Wachstumganges der Höhe oder der daraus abgeleiteten Zuwachsreihe gefolgert werden, da der Verlauf der Kurve deren Fortsetzung auf etwa 10 Jahre mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit gestattet (siehe Fig. 45), vorausgesetzt, dass nicht wesentliche Aenderungen in den Bestandesverhältnissen eintreten. So würde z. B. nach der oben ermittelten Reihe des periodischen Zuwachses für das nächste Dezennium ein Höhenzuwachs von 1.1 Metern als wahrscheinlich anzunehmen sein. — Jedenfalls wäre für die Beurteilung des nächsten Höhenzuwachses nicht bloss der Zuwachs des letzten Jahres, sondern derjenige mehrerer vorausgegangener Jahre in Betracht zu ziehen.

§ 46. Ermittelung des Stärken- und Flächenzuwachses. Die Ermittelung des Stärken- oder des Flächenzuwachses muss sich stets auf einen bestimmten Querschnitt des Stammes beziehen, da sowohl der Stärke- als auch der Flächenzuwachs in verschiedenen Stammhöhen ein verschiedener ist. Zumeist wird der Stärkezuwachs in der gewöhnlichen Messhöhe der Grundstärken, d. i. in der Höhe von 1.3 Meter vom Boden, oder auch in der Stammmitte gemessen; für genaue Untersuchungen des Massenzuwachses oder des Zuwachsganges eines Baumes aber muss der Stärkezuwachs an möglichst vielen Stellen desselben gemessen werden, da bei dem vielfach verschiedenen Einflusse, den die Art der Beastung, der Freistellung, die standörtlichen Verhältnisse u. s. w. auf die Verteilung des Massenzuwachses am Stamme ausüben, aus dem Stärkezuwachse in der Brusthöhe oder sonst an einem einzelnen Querschnitte kein sicherer Schluss auf die Jahrringbreiten in den übrigen Stammteilen gemacht werden kann. Am wenigsten kann aus dem Verhalten der Jahrringe am Stockabschnitte auf den Zuwachs im Stamme selbst sicher geschlossen werden, da die Jahrringe hier infolge des Einflusses der Wurzeltätigkeit meist sehr unregelmässig verlaufen und auch der Querschnitt durch die äusseren Jahrringe nicht rechtwinkelig zur Stammkurve, sondern meist schräg gegen dieselbe geführt ist, diese Jahrringe daher verhältnismässig breiter erscheinen.

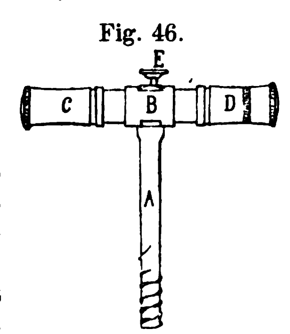
Der Stärke- sowie der Flächenzuwachs erfolgt eigentlich sowohl gegen den Holzkörper als auch gegen die Rinde zu und wäre also strenge genommen nach beiden Richtungen zu messen; zumeist aber wird nur die Zunahme des Holzkörpers, welche sich in den einzelnen Jahrringen deutlich erkennen lässt, in Betracht gezogen, da die Zunahme an Rindendicke eine sehr geringe ist und auch meist sehr schwer bestimmbar sein würde. Nur bei jenen Zuwachsuntersuchungen, welche durch wiederholte Stärkemessung an den stehenden Stämmen erfolgen (in Versuchsflächen), wird in der Differenz der früheren und späteren Stammstärke die ganze Zuwachsbreite an Holz und Rinde erhalten.

Die Ermittelung und Messung des Stärkezuwachses an gegebenen Stammquerschnitten unterliegt, da die einzelnen Jahrringe meist deutlich erkennbar sind, keiner Schwierigkeit; es sind, je nachdem der einjährige oder ein periodischer Zuwachs ermittelt werden soll, die betreffende Anzahl von Jahrringen von aussen nach innen abzuzählen und ihre Breiten an den beiden gegenüberliegenden Enden des betreffenden Durchmessers zu messen. Häufig zeigen die Jahrringe an verschiedenen Stellen des Umfanges sehr verschiedene Breiten, in welchem Falle deren Messung an mehreren Stellen, aber stets in den beiden gegenüberliegenden Richtungen zu erfolgen hat, aus welchen Messungen dann das arithmetische Mittel als durchschnittlicher Stärkezuwachs zu nehmen ist. Sind die Jahrringgrenzen nicht deutlich zu erkennen, so können dieselben Hilfsmittel Anwendung finden, welche wir in § 41 zum Zwecke der Altersbe-

stimmung angeführt haben. Die Messung selbst wird am besten mit einem schräg abgekanteten, prismaförmigen Massstabe, der in Millimeter oder auch in halbe Millimeter geteilt ist, vorgenommen, dessen Teilung sich scharf an die geglättete Oberfläche des Abschnittes anlegen lässt und damit eine ganz scharfe Messung (durch Schätzung selbst auf 0.1 Millimeter) gestattet. Da die Breite der einzelnen Jahrringe meist eine sehr geringe ist, so muss auch deren Messung mindestens auf 1 Millimeter genau vorgenommen werden; aus demselben Grunde ist es auch für die Bemessung des einjährigen Zuwachses in der Regel besser, mehrere Jahrringe statt eines einzigen an den betreffenden Stellen zu messen und das Mittel dieser Messungen durch die Zahl der Jahre zu dividieren. Selbstverständlich dürfen dabei, wenn es sich um den Zuwachs bestimmter Jahre handelt (z. B. um die Feststellung des Einflusses einer vorausgegangenen Lichtstellung auf den Stärkezuwachs) nicht Jahrringe mit in Rechnung genommen werden, welche einer anderen Zuwachsperiode angehören.

Um den Stärkezuwachs auch am stehenden Stamme erheben zu können, oder auch an beliebigen Stellen eines liegenden Stammes, ohne denselben für diesen Zweck zu zerschneiden, bietet uns Pressler's Zuwachsbohrer einen sehr wertvollen Behelf. Es ist dies ein kleiner Hohlbohrer aus Stahl (siehe Fig. 46), dessen flache Gewinde sich in den Stamm einbohren, wobei die scharfe Schneide am vorderen Ende des Instrumentes einen Holzspan von ca. 6 mm Durchmesser herausschneidet. Die Bohrung ist nach rückwärts etwas erweitert, so dass, sobald der Bohrer für die beabsichtigte Zuwachsmessung tief genug eingebohrt ist, eine gekerbte Nadel (E) zwischen Bohrer und Span eingeführt werden kann, welche denselben beim Rückwärtsdrehen des Bohrers festhält und vom Stamme abreisst, und mittelst welcher dann auch der Span aus dem Bohrer herausgezogen wird. Das Einbohren und Zurückdrehen des Bohrers erfolgt mittelst einer Handhabe (B), welche auf die Bohrspindel (A) nur lose aufgesteckt wird und in deren Höhlung für gewöhnlich die Bohrspindel samt der Klemmnadel ihren Platz findet. Durch Herausschrauben der beiden Hülsen C und D kann die Handhabe auch verlängert werden. Beim Ansetzen des Bohrers ist darauf zu sehen, dass er in radialer Richtung, also gegen den Kern des Stammes zu, und winkelrecht zur Stammaxe eingeführt wird. Ein Druck gegen den Stamm ist nur zu Beginn der Bohrung auszuüben, bis die Schraubengewinde fest eingegriffen haben; weiters erfolgt das Einbohren nur durch Drehen der Handhabe. Durch den ausgeübten Druck beim Einsetzen des Bohrers werden häufig die äussersten Jahrringe, deren genaue Messung zumeist in unserer Absicht liegt, verschoben oder zerdrückt; es ist daher besser, die Rinde an der Bohrstelle zu belassen oder nur die äussere grobe und harte Borke bis gegen den Bast hin zu entfernen, damit die Bohrspindel in dieser bereits sichere Führung gewinnt, bevor der Holzkörper selbst erreicht wird.

Fig. 46.



Damit die Jahrringe am Bohrspane deutlich hervortreten, wird derselbe senkrecht auf die Faserrichtung mit einem scharfen Messer etwas beschnitten und die Schnittfläche erforderlichenfalls (bei Buchen, Birken, Aspen etc.) mit Humuserde oder einem Färbemittel eingerieben. Die Messung der Jahrringbreite kann mittelst der Klemmnadel erfolgen, welche für diesen Zweck auf der Rückseite mit einer Millimeterteilung versehen ist.

Der Bohrer selbst ist vor dem Gebrauche, insbesondere bei harzreichen Hölzern, stets mit Unschlitt oder Vaselin einzufetten; das Bohrloch im Stamme soll an stehenden Bäumen, damit nicht Harzfluss oder eine Faulstelle entstehe, mit einem kleinen Holzstück oder mit Baumwachs geschlossen werden.

Die gewöhnliche Sorte des Zuwachsbohrers, für alle Weichhölzer und auch noch bei der Buche (bei dieser aber nicht auf volle Tiefe) anwendbar, liefert 7—7½ cm lange Bohrspäne; für Harthölzer dient eine kürzere (6 cm lange) und im Eisen stärker gehaltene Bohrspindel mit nur 5 mm Bohrweite (Hartholzbohrer), während der Tiefbohrer, welcher ein Einbohren bis zu 13—14 cm Tiefe gestattet, nur in weichen Hölzern angewendet werden kann[68]. Für eine verlässliche Bestimmung des Stärkezuwachses müssen auch am stehenden Stamme die Jahrringbreiten mindestens an zwei gegenüberliegenden Stellen, bei einseitiger Beastung oder unregelmässiger Querschnittsform des Stammes womöglich an mehreren Stellen mit dem Bohrer entnommen und gemessen werden, und nur bei Stämmen, deren regelmässige Beastung und Stammform eine sehr gleichmässige Verteilung des Zuwachses am Stamme vermuten lässt, kann das Doppelte der nur an einer Stelle erhobenen Jahrringbreite als Durchmesserzuwachs genommen werden.

Die Ermittelung des Stärkezuwachses für die ganze Lebensdauer eines Baumes könnte nur am untersten Stammabschnitte erfolgen, da alle höher gelegenen Querschnitte die Jahrringe nur mehr von jenem Alter ab enthalten, in welchem die Pflanze jene Höhe erreicht hatte, also die Jahrringe, welche vor jenem Alter liegen, dort fehlen. Gleichwohl wird, wegen der schon früher erwähnten Unregelmässigkeit des Verlaufes der Jahrringe am Stammgrunde, der Stärkezuwachs der verschiedenen Altersperioden meist für die Messhöhe von 1.3 Meter ausgedrückt und also auch dort, soweit die Jahrringe daselbst zurückreichen, erhoben; nur für die jüngsten Altersstufen wird man den Stärkezuwachs am Stammgrunde messen. Für eingehende Zuwachsuntersuchungen (Stammanalysen) wird der Stärkezuwachs durch eine Anzahl höher gelegener Querschnitte für alle in diesen noch vertretenen Altersstufen zu erheben sein. Für solche Untersuchungen wäre es nicht zweckmässig, die Breiten der einzelnen Zuwachsperioden, also fast durchwegs sehr kleine Grössen, zu messen und aus diesen die jeweiligen Durchmesser zu bestimmen, sondern man wird besser umgekehrt die Durchmesser der früheren Altersperioden, für welche der Zuwachs ermittelt werden soll, durch Abzählen der Jahrringe von aussen nach innen bestimmen, dann dieselben messen und aus deren Differenz den periodischen Stärkezuwachs erhalten. Man zieht zu diesem Zwecke auf jedem Querschnitte, für welchen die Erhebung stattfinden soll, wenigstens zwei auf einander senkrechte Durchmesser, so dass dieselben im Mittel auch dem mittleren Durchmesser des Querschnittes entsprechen und dass dabei Stellen mit abnormem Verlaufe der Jahrringe (Ueberwallungen, Asteingänge u. s. w.) vermieden werden. Bei grösseren und weniger regelmässig geformten Querschnitten kann die Zahl der Durchmesser auch auf 3—4 vermehrt werden.

Zum Messen der Durchmesser, deren beide Enden stets mit den betreffenden Altersziffern zu bezeichnen sind, kann ein prismatischer Massstab der vorbezeichneten Art, der in diesem Falle die erforderliche Länge besitzen muss, oder es können die von Professor Baur in München angegebenen Zuwachsmassstäbe[69] benützt werden. Es sind dies gleichfalls prismatisch geformte Massstäbe aus Buchsbaumholz, deren Teilung (in halbe Millimeter) jedoch von der Mitte aus nach beiden Seiten numeriert ist, und welche im Mittelpunkte beider Teilungen einen kleinen Metallansatz mit runder Oeffnung besitzen. Mittelst eines durch diese Oeffnung gesteckten Stiftes wird der

---

68) Die von Mechaniker Neuhöfer in Wien nach Angabe des Direktors Bretschneider angefertigten Zuwachsbohrer geben für harte und weiche Hölzer Bohrspäne bis zu 9 cm Länge. Auch ist die Handhabe bei diesem Bohrer stärker und bequemer als bei dem Pressler'schen. Letztere sind durch die k. k. Hofbuchhandlung M. Perles in Wien zu beziehen.

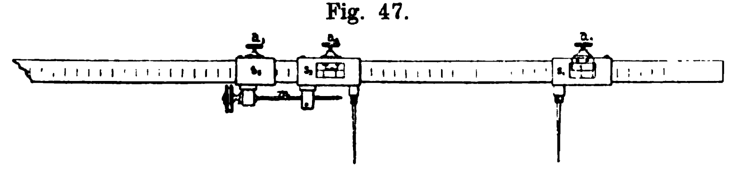
69) Zu beziehen durch Mechaniker Vogl in München.

Massstab im Mittelpunkt der innersten Jahrringe (bezw. des Markes) befestigt und es können nun nach verschiedenen Richtungen des Querschnittes je die beiden gegenüberliegenden Halbmesser leicht abgemessen werden.

Für ausgedehnte und sehr genaue derartige Messungen, bei welchen die Durchmesser, bezw. die Zuwachsbreiten, auf 0.1 Millimeter genau angegeben werden sollen, empfiehlt sich die Anwendung eines Stangenzirkels mit zwei feinen Stahlspitzen, deren eine fixiert wird, während die zweite mittelst einer Hülse am Massstabe bewegt und durch eine kleine Klemmschraube gleichfalls in beliebiger Stellung fixiert werden kann. Der Massstab trägt eine Teilung in Millimeter, die Hülse des beweglichen Stiftes einen Nonius, welcher die Zehntel-Millimeter leicht und noch mit freiem Auge ablesen lässt.

Der Stangenzirkel, welchen Mechaniker Schneider in Wien nach Angabe des Verfassers für solche Zuwachsmessungen angefertigt hat (siehe Figur 47), besteht aus einem

Fig. 47.



hohlen Messingstabe von parallelepipedischem Querschnitt, dessen Teilung bis 70 cm reicht. Beide Stahlspitzen, welche ausser Gebrauch durch kleine Messinghülsen geschützt werden, sind an Schiebern beweglich und können durch die Klemmschrauben a_1, a_2 festgestellt werden. Es gestattet dies, bei Messung kleinerer Querschnitte den fixen Stift mehr gegen die Mitte des Massstabes festzustellen, so dass die Teilung dann bei 20 oder 30 cm statt beim Nullpunkte beginnt. Ausser den beiden Schiebern s_1 und s_2, an welchen die Stahlspitzen sich befinden, umgiebt noch ein dritter kleiner Schieber s_3, gleichfalls mit einer Klemmschraube (a_3) versehen, den Massstab. Durch entsprechende Ansätze der beiden Schieber s_2 und s_3 geht die Mikrometerschraube m, mittelst welcher die bewegliche Spitze, nachdem die fixe Spitze auf den einen Endpunkt des Durchmessers eingesetzt ist, auf den zweiten Endpunkt desselben scharf eingestellt werden kann. Uebrigens kann diese Einstellung, wenn man das Instrument leicht und senkrecht über den Querschnitt hält, auch mit freier Hand ganz scharf erfolgen, und kann daher die Mikrometerschraube bei den meisten Messungen weggelassen werden. Das jedesmalige Feststellen des Schiebers s_2 mit der Klemmschraube nach jeder Einstellung ist, wenn dieser Schieber gut an den Massstab anschliesst, nicht notwendig, es kann vielmehr sofort nach der Einstellung am Massstab und Nonius abgelesen werden.

Mit diesem Instrumente können die Zuwachsmessungen sehr präzise und sehr rasch ausgeführt werden.

Beispiel der Stärkezuwachsermittelung. Die Kiefer, für welche im vorigen § die Ermittelung des Höhenzuwachses als Beispiel gegeben wurde, ergab am Abschnitte von 1.3 Meter Höhe an zwei auf einander senkrechten Durchmessern D_1 und D_2 gemessen folgende Abmasse:

Im Alter:		10	20	30	40	50	60	70	80	82 Jahre
Durchmesser ohne Rinde in cm	D_1:	4.26	11.19	14.71	17.74	20.10	21.74	23.21	25.11	25.44
	D_2:	4.14	11.11	13.83	16.32	18.50	20.69	22.90	25.23	25.70
	Mittel:	4.20	11.15	14.27	17.03	19.30	21.22	23.06	25.17	25.57
period. Stärkezuwachs in cm:		6.95	3.12	2.76	2.27	1.92	1.84	2.11	0.40	

Für die Beurteilung des wahrscheinlichen Stärkezuwachses der nächstvorliegenden Zeitperiode, also nach vorwärts, ist wieder das Verhalten der Jahrringbreiten in den letzten Jahren massgebend und ist die mehr oder weniger merkbare Abnahme derselben zu berücksichtigen. Auch kann, wenn der Stärkezuwachs durch alle oder wenigstens mehrere Altersperioden ermittelt wurde, dieser in gleicher Weise, wie dies beim Höhenzuwachs gezeigt wurde, graphisch dargestellt und aus dem bisherigen Verlaufe der Kurve auf deren weiteres Verhalten geschlossen werden. Es ist jedoch hier noch mehr als beim Höhenzuwachs zu beachten, dass durch eine Aenderung in den

Bestandesverhältnissen der bisherige Verlauf des Stärkezuwachses wesentlich geändert, insbesondere durch eine inzwischen erfolgende Lichtstellung oder stärkere Durchforstung des Bestandes ein bereits im Sinken begriffener Stärkezuwachs neuerdings beträchtlich erhöht werden kann, wie dies auch das obige Beispiel im Zuwachse des Jahrzehntes 70—80 gegenüber den beiden vorausgegangenen Perioden zeigt. In diesem obigen Falle wäre der Stärkezuwachs für das nächste Jahrzehnt etwa mit 2 cm anzunehmen.

Der Flächenzuwachs wird in der Regel nicht direkt, sondern aus dem Stärkezuwachse ermittelt. Da der Flächenzuwachs in der Vergrösserung der Querfläche gegeben ist, welche durch Ablagerung eines oder mehrerer Jahrringe um den ganzen Umfang des Stammes, bezw. der früher vorhandenen Querfläche erfolgt, so genügt für die Bemessung desselben die Kenntnis der Jahrringbreiten allein nicht, sondern es muss auch der Durchmesser oder Umfang der früheren Querfläche bekannt sein. Aus der Grösse des Stärkezuwachses kann daher auch nicht unmittelbar auf die Grösse des Flächenzuwachses geschlossen werden.

Man bestimmt demnach den Flächenzuwachs einer bestimmten, etwa n jährigen, Zeitperiode am einfachsten aus dem Durchmesser des betreffenden Querschnittes zu Beginn und am Ende dieser Periode und den diesen Durchmessern entsprechenden Kreisflächen, wobei in der Regel wieder mindestens zwei, bei weniger regelmässigen Querflächen auch mehrere Durchmesser zu messen sind und das arithmetische Mittel aus den erhaltenen Grössen als der dem früheren und jetzigen Querschnitte entsprechende Kreisdurchmesser angesehen werden kann.

Die Kreisflächen entnimmt man einer hinreichend genauen Kreisflächentafel (Tafeln von Kunze und Seckendorff, in Pressler's Hilfsbuch etc.[70]); hat man solche nicht zur Hand, so ist für die Berechnung die Formel für den Flächenzuwachs $z_g = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) = 0.7854\,(D + d)\,(D - d)$ am bequemsten.

Soll z. B. für die bereits früher auf ihren Stärkezuwachs untersuchte Kiefer der Flächenzuwachs der letzten 12 Jahre ermittelt werden, so ergibt sich, da $D_{82} = 25.6$, und die Zuwachsbreite vom Jahre 70—82 im Mittel mit 2.5 cm gemessen wurde, $d_{70} = 23.1$ cm; und mit Benutzung der Kreisflächentafel $z_f = 515 - 419 = 96$ cm², oder auch $z_f = 0.7854 \times 48.7 \times 2.5 = 95.62$ cm², also pro Jahr ein Flächenzuwachs von $96 : 12 = 8$ cm².

Bei unregelmässig geformten Querflächen würde selbst mittelst mehrerer Durchmesser der Flächenzuwachs nicht richtig bestimmt werden; sind dabei die Jahrringbreiten längs des Umfanges ziemlich gleichbleibend, so könnte dessen Bemessung ziemlich annähernd richtig in der Weise erfolgen, dass man den Umfang (bezw. die Länge) des Zuwachsringes in der Mitte desselben, etwa durch einen aufgelegten, zuvor mit Wachs geglätteten Faden misst und diese Länge mit der durchschnittlichen Breite des Zuwachsringes multipliziert. In den meisten Fällen, insbesondere für genauere Erhebungen, wird man es aber vorziehen, die Flächen des Querschnittes zu Beginn und am Ende der betreffenden Znwachsperiode mittelst eines Planimeters zu messen, wozu sich am besten der Amsler'sche Polarplanimeter eignet, und aus deren Differenz den Flächenzuwachs zu bestimmen. Zu diesem Zwecke werden auf dem geglätteten Querschnitte die betreffenden Jahrringe mit einem weichen Bleistifte scharf nachgezogen, dann auf Pauspapier durchgezeichnet und kann dann die Messung mittelst des Planimeters an der auf eine glatte Tischfläche ausgespannten Zeichnung sehr leicht und rasch vollzogen werden.

In Ermanglung eines Planimeters können solche unregelmässig geformte Quer-

70) Für sehr genaue Arbeiten sind Kunze's „Siebenstellige Kreisflächen für alle Durchmesser von 0.01 bis 99.99", Dresden 1868, am meisten zu empfehlen.

flächen auch nach der bereits in § 4 abgeleiteten Simpson'schen Regel gemessen werden, indem man auf einem bestimmten (in der Regel dem längsten) Durchmesser in gleichen Abständen (a) Senkrechte errichtet und die Breite beider Querschnittsflächen an diesen Senkrechten misst. Die innerhalb dieser Aequidistanten gelegenen Teile beider Querflächen können dann nach der Formel

$$g = \frac{a}{2}\left[(b_1 + b_n) + 4(b_2 + b_4 + \ldots + b_{n-1}) + 2(b_3 + b_5 + \ldots + b_{n-2})\right],$$

die äusseren Abschnitte aber als Parabelsegmente berechnet werden.

Soll der Flächenzuwachs für alle auf einem Querschnitte vertretenen Altersperioden ermittelt werden, so wird in den meisten Fällen die vorhin an einem Beispiele durchgeführte Messung von 2—3 Durchmessern genügen, zu welchen dann die zugehörigen Querflächen aus einer Kreisflächentafel entnommen werden können; im anderen Falle wären die betreffenden Querschnitte für alle Altersperioden wieder auf Pauspapier zu übertragen und auf diesem mittelst eines Polarplanimeters zu messen.

An unserem vorigen Beispiele erhalten wir für den Stammgrundflächenzuwachs in 1.3 m Höhe der 82jährigen Kiefer folgende Zahlen:

Im Alter	10	20	30	40	50	60	70	80	82 Jahren
Durchmesser in cm	4.20	11.15	14.27	17.03	19.30	21.22	23.06	25.17	25.57
Querfläche in cm^2	14	98	160	228	293	354	417	498	514
Flächenzuwachs in cm^2	84	62	68	65	61	63	81	16	

Der Flächenzuwachs nach vorwärts wäre wieder entweder nach dieser Zuwachsreihe (im obigen Beispiele etwa mit 80 cm^2 für das nächste Jahrzehnt) oder nach dem wahrscheinlichen Stärkezuwachs der nächsten Jahre zu beurteilen, was in unserem Falle, wenn man diesen für das nächste Jahrzehnt mit 2.0 cm annimmt (also $D_{92} = 27.6$ cm, da $d_{82} = 25.6$ cm), einen Flächenzuwachs von 598—515 = 83 cm^2 ergeben würde. Ganz ebenso wie bei der Vorausbestimmung des Stärkezuwachses wären auch bei der Beurteilung des Flächenzuwachses für die nächste Zeit etwaige Aenderungen in den Schlussverhältnissen des Bestandes zu berücksichtigen.

Bei Erhebungen über den Lichtungszuwachs, den Einfluss von Durchforstungen und dgl., bei welchen hauptsächlich die Breite der letzten (äussersten) Jahrringe in Betracht kommt, ist zu beachten, dass diese an der Saftleitung am meisten beteiligten Jahrringe infolge des Turgors der sie zusammensetzenden Zellen oft relativ breiter erscheinen als die inneren Jahrringe. (Vergl. die Anmerkung hierüber in der 1. Auflage S. 199.)

§ 47. **Ermittelung des Massenzuwachses.** Der laufende jährliche oder periodische Massenzuwachs eines Stammes ist in der Summe aller Flächenzuwachsgrössen am Stamme aufwärts oder auch in der Differenz der gegenwärtigen Masse des Stammes gegenüber jener gegeben, welche derselbe vor einem Jahre, bezw. vor n Jahren hatte.

Wäre uns die Gleichung bekannt, welche das Verhalten des Flächenzuwachses vom Stammgrunde bis zur Spitze allgemein ausdrückt, so könnten durch Messung des Flächenzuwachses an einigen Stellen die Koëffizienten dieser Gleichung stets für den speziellen Fall ermittelt und dann der Massenzuwachs durch Integration jenes Ausdruckes gefunden werden. Da aber dieses Verhalten des Flächenzuwachses je nach den Verhältnissen der Beastung, des Schlusses etc. ein sehr verschiedenes und am Einzelstamm auch nicht streng gesetzmässig verlaufendes ist, anderseits es nicht wohl möglich wäre, den Flächenzuwachs an allen Stellen des Stammes zu erheben, so wird für die Ermittelung des Massenzuwachses meist der zweite Weg, die Vergleichung der jetzigen und früheren Masse des Stammes eingeschlagen. Es können hiefür je nach dem erforderlichen Grade der Genauigkeit der Zuwachsermittelung verschiedene Verfahren angewendet werden.

a) **Zuwachsermittelung nach dem Sektionsverfahren.** Für eine

möglichst genaue Ermittelung des Massenzuwachses muss der Flächenzuwachs an möglichst vielen Stellen des Stammes erhoben, beziehungsweise die jetzige und die frühere Masse des Stammes möglichst genau bestimmt werden. Beides kann nur in der Weise erfolgen, dass der Stamm in eine Anzahl von Sektionen zerteilt wird, an deren Querschnitten entweder direkt der Zuwachs der einzelnen Sektionen und aus der Summe dieser Zuwachsgrössen der gesamte Massenzuwachs ermittelt, oder die Durchmesser für die Berechnung der jetzigen und früheren Masse abgenommen werden, aus deren Differenz sich dann die Zuwachsgrösse ergibt.

Es wird demnach der Stamm in 2—4 Meter lange Sektionen zu teilen und an den Querschnitten werden die jetzigen und früheren Durchmesser ohne Rinde zu messen sein. Die Masse ergibt sich dann für alle ganzen Sektionen des jetzigen sowie des um n Jahre jüngeren Bestandes nach der bereits in § 4 aufgestellten Formel für die sektionsweise Kubierung, wenn die Querschnitte an den Enden der Sektionen geführt wurden, als $m = l\left(\frac{g_0 + g_n}{2} + g_1 + g_2 + g_3 + \ldots g_{n-1}\right)$. Bei beiden Stämmen ist dann noch die Masse des obersten Gipfelstückes, welches in der Regel nicht die volle Sektionslänge besitzen wird, hinzuzurechnen, für welchen Zweck das Gipfelende des um n Jahre jüngeren Stammes durch Querschnitte aufzusuchen oder auch annähernd dessen Lage in der betreffenden Sektion nach dem aus der Abnahme der Jahrringzahl ersichtlichen durchschnittlichen Höhenzuwachse innerhalb derselben zu bestimmen ist.

Für die direkte Ermittelung des Zuwachses in den einzelnen Sektionen ist es zweckmässiger die Querschnitte in die Mitte derselben zu legen, um so gleich deren mittleren Flächenzuwachs zu messen, welcher, mit der Länge des Abschnittes multipliziert, dessen Massenzuwachs angibt.

Der Flächenzuwachs wird wieder zumeist nach den mittleren Durchmessern D und d für jetzt oder vor n Jahren, bei unregelmässigen Querflächen aber mittelst eines Planimeters gemessen. Da die Sektionslängen gleich sind, so kann der Zuwachs, wenn wir mit G_1, G_2 ... die jetzigen, mit g_1, g_2 ... die früheren Querflächen bezeichnen, für alle beiden Stämmen gemeinsamen Sektionen nach der Formel $z = l\,[(G_1 + G_2 + + G_3 + \ldots) - (g_1 + g_2 + g_3 + \ldots)]$ berechnet werden, zu welchem Betrage noch die Masse des über dem Gipfelende des jüngeren Stammes liegenden Gipfelstückes als voller Zuwachs hinzuzurechnen ist.

Für die Berechnung des wahrscheinlichen Massenzuwachses der nächstvorliegenden Zeitperiode, also nach vorwärts, treten die jetzigen Durchmesser bezw. Querflächen (beides ohne Rinde gemessen) an Stelle der d_1, d_2 ... oder der g_1, g_2 ... des kleineren Stammes, während für D_1, D_2 ... oder G_1, G_2 ... d. i. die Durchmesser oder Kreisflächen des a + n jährigen Stammes, die jetzigen Grössen derselben um den voraussichtlichen Stärke- oder Flächenzuwachs der nächsten n Jahre in den einzelnen Querschnitten zu vermehren sind. Im übrigen erfolgt die Berechnung in gleicher Weise wie für eine abgelaufene Periode.

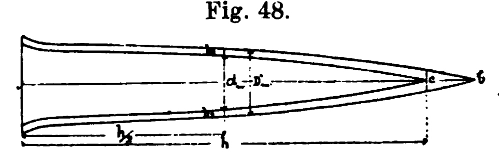
Der Unsicherheit gegenüber, mit welcher die Vorausbestimmung des Massenzuwachses stets verknüpft ist, erscheint jedoch dieses Verfahren zu umständlich, und man wird daher für die Lösung dieser Aufgabe meist eines der folgenden einfacheren Verfahren wählen.

b) Zuwachsermittelung aus der Stammmitte. Die Ermittelung des Massenzuwachses für eine abgelaufene oder folgende Zeitperiode wird wesentlich vereinfacht, wenn wir uns gestatten, die Masse der beiden zu vergleichenden Stämme aus den mittleren Querflächen derselben, bezw. den Durchmessern $D_{H/2}$ und $d_{h/2}$ in der Stammmitte und aus ihrer Totalhöhe oder Länge H und h zu berechnen. Dieses Verfahren

erscheint, obwohl für die Kubierung ungenau, deshalb hier zulässig, weil der Fehler der Massenbestimmung aus G_m H und g_m h für beide Stämme ziemlich gleich bleibt, die gesuchte Differenz daher annähernd richtig erhalten wird.

Man hätte also nach Figur 48 zunächst die Gesamtlänge des Stammes ab = H zu messen, dann den Gipfelpunkt des a—n jährigen Stammes (c) aufzusuchen und darnach die Länge h = H—bc zu bestimmen, ferner in der Mitte von H den Durchmesser $D_{H/2}$ und in der Mitte von h den dortigen Durchmesser des a — n jährigen Stammes $d_{h/2}$ (letzteren aus dem jetzigen dortigen Durchmesser weniger der doppelten Zuwachsbreite, also aus $d_{h/2} = D_{h/2} - [b_1 + b_2]$ und zwar beide ohne Rinde zu ermitteln.

Fig. 48.



Da die Masse der beiden Stämme und zwar $M = \frac{\pi}{4} D_{H/2}^2 H$ und $m = \frac{\pi}{4} d_{h/2}^2 h$

angenommen wird, so ist der Massenzuwachs $z = M - m = \frac{\pi}{4} (D_{H/2}^2 H - d_{h/2}^2 h)$ oder

auch $$z = G_{H/2} H - g_{h/2} h.$$

Um beide Durchmesser an einer Stelle messen zu können, hat Pressler vorgeschlagen, den Stamm stets zuerst um n Jahrestriebe (also bei c) zu kürzen, dann sowohl den jetzigen Durchmesser D als auch den früheren d in der Mitte dieses „zuwachsrecht“ entwipfelten Stammes, also in $\frac{h}{2}$ zu messen, und für beide Stämme nur diese Länge h in Rechnung zu nehmen. Es wird damit der kleinere Stamm wie früher als Paraboloid, der grössere aber als abgestutztes Paraboloid berechnet und bei diesem das kleine Gipfelstück cb vernachlässigt. Die obige Formel vereinfacht sich dadurch auf die Form:

$$z = \frac{\pi}{4} h (D_{h/2}^2 - d_{h/2}^2) \text{ oder } z = h (G_{h/2} - g_{h/2}).$$

Für diese Zuwachsermittelung kann, anstatt den Stamm bei $\frac{h}{2}$ zu zerschneiden, mit Vorteil der Zuwachsbohrer angewendet werden. Man misst in diesem Falle bei $\frac{h}{2}$ den Durchmesser samt Rinde ($_rD$) mit einer Kluppe, entnimmt an beiden Enden des mittleren Durchmessers Bohrspäne, misst an diesen die Rindenbreiten r_1 und r_2 und die Breite der letzten n Jahrringe b_1 und b_2, und erhält dann $D = {}_rD - (r_1 + r_2)$ und $d = D - (b_1 + b_2)$. Bei regelmässigen Querschnitten kann wohl auch die Rinden- und Zuwachsbreite nur an einer hiezu gut geeigneten Stelle erhoben und dann $D = {}_rD - 2r$ und $d = D - 2b$ genommen werden.

Für die Zuwachsermittelung nach vorwärts ist die Gesamtlänge des jetzigen Stammes für beide Stämme, ferner der jetzige Durchmesser ohne Rinde in der Mitte dieser Länge und dieser vermehrt um die wahrscheinliche (doppelte) Zuwachsbreite der nächsten n Jahre als Durchmesser des a + n jährigen Stammes in Rechnung zu nehmen, also H an Stelle von h, $D_{H/2}$ an Stelle von $d_{h/2}$ und $D_{H/2} + 2b$ an Stelle von D in die obige Formel einzusetzen.

c) Zuwachsermittelung nach Formzahlen. Nimmt man die Formzahlen innerhalb kleinerer Zeiträume als gleichbleibend an oder kann man die Formzahlen und deren Aenderung mit dem Alter der Stämme mit hinlänglicher Sicherheit aus Erfahrungstafeln (Formzahltafeln) entnehmen, so kann der Massenzuwachs auch aus dem Zuwachse der Grundstärke und der Höhe unter Anwendung dieser Formzahlen

bestimmt werden. Man hat in diesem Falle für eine abgelaufene Zeitperiode wieder die jetzige Höhe H und die frühere h, dann den jetzigen und früheren Durchmesser D und d in der Brusthöhe zu messen, ferner die jetzige Formzahl des Stammes aus der Gleichung $f = \frac{M}{w}$ (worin M die durch Kubierung gefundene Holzmasse des Stammes, w aber die Masse der Walze von gleicher Grundstärke und Höhe ist) zu ermitteln. Da $M = \frac{\pi}{4} D^2 H f$ und $m = \frac{\pi}{4} d^2 h f$, so ist der Massenzuwachs $z = M - m = \frac{\pi}{4} (D^2 H - d^2 h) f = (GH - gh) f$.

Für den gefällten Stamm, also „am Liegenden", wie Pressler dies kurz bezeichnet, bietet diese Methode bei grösserer Umständlichkeit gegen das unter b) dargelegte Verfahren keinen Vorzug; dieselbe wird daher auch hauptsächlich für die Zuwachsbestimmung an stehenden Bäumen benützt, in welchem Falle H mittelst eines Höhenmessers gemessen, der n jährige Höhenzuwachs (zur Bestimmung von h) eingeschätzt und die Formzahl entweder gleichfalls geschätzt oder besser einer guten Formzahltafel entnommen, endlich der jetzige Durchmesser samt Rinde in Brusthöhe gemessen und die Rindenbreite sowohl als die Zuwachsbreite der letzten n Jahre für die Bestimmung von D und d mit dem Zuwachsbohrer erhoben wird. Bei Anwendung zuverlässiger Formzahltafeln könnte selbst die Formänderung berücksichtigt werden, indem für den jetzigen und den früheren Stamm die ihren sonstigen Dimensionen entsprechenden Formzahlen daraus entnommen werden. Noch einfacher aber ist es, die den jetzigen und früheren Grundstärken und Höhen entsprechenden Stamminhalte einer Massentafel zu entnehmen, deren Differenz dann direkt den Zuwachs angibt. In beiden Fällen würde man aber damit nur das durchschnittliche Verhalten einer solchen Stammklasse, nicht aber das individuelle Verhalten des betreffenden Stammes erhalten.

Die Zuwachsbestimmung nach vorwärts hätte wieder in analoger Weise stattzufinden.

d) Bestimmung des Massenzuwachses aus dem Grundstärken- und Höhenzuwachs. Professor Breymann hat für die Ermittelung des einjährigen Zuwachses unter der hier sicher gestatteten Voraussetzung, dass die Formzahl innerhalb eines Jahres gleichbleibt oder sich doch nur sehr wenig ändert, die folgende einfache Formel entwickelt. Bezeichnet man mit m die Masse des jetzigen und mit M jene des um 1 Jahr älteren Stammes, mit d die Grundstärke, mit h die Höhe des ersteren, dann mit Δd den 1jährigen Stärkezuwachs und mit Δh den 1jährigen Höhenzuwachs, welche beiden Zuwachsgrössen aber wieder nach dem Mittel des Zuwachses mehrerer Jahre genommen werden, endlich mit f die Formzahl, so ist

$$M = \frac{\pi}{4} (d + \Delta d)^2 (h + \Delta h) f \text{ und } m = \frac{\pi}{4} d^2 h f,$$

somit der Zuwachs

$$z = M - m = \frac{\pi}{4} f [(d + \Delta d)^2 (h + \Delta h) - d^2 h] =$$

$$= \frac{\pi}{4} f (d^2 h + 2 d \Delta d h + \Delta d^2 h + d^2 \Delta h + 2 d \Delta d \Delta h + \Delta d^2 \Delta h - d^2 h.)$$

Werden in diesem Ausdrucke die Glieder $\Delta d^2 h$, $2 d \Delta d \Delta h$ und $\Delta d^2 \Delta h$, welche die sehr kleinen Grössen Δd und Δh als Produkte oder in zweiter Potenz enthalten, vernachlässigt, so ergibt sich, da $+ d^2 h$ und $- d^2 h$ sich gegenseitig aufheben,

$$z = \frac{\pi}{4} f (2 d \Delta d h + d^2 \Delta h) = \frac{\pi}{4} d f (2 \Delta d h + d \Delta h)$$

oder auch, da $m = \frac{\pi}{4} d^2 h f$ ist, $z = m \left(\frac{2 \Delta d}{d} + \frac{\Delta h}{h}\right)$.

Ist der Höhenzuwachs als bereits sehr gering oder ganz fehlend zu betrachten, so vereinfacht sich dieser Ausdruck in $z = \frac{\pi}{2} d f h \Delta d = m \frac{2 \Delta d}{d}$.

e) Nicht selten wird auch der gegenwärtige Gesamtalters-Durchschnittszuwachs des Stammes $\frac{m_a}{a}$ zugleich als dessen laufender Zuwachs angenommen.

Es ist dies, da der laufende Zuwachs dem durchschnittlichen nur zur Zeit der Kulmination des letzteren gleich, bis dahin aber stets grösser ist als dieser, nur in oder nahe an der Zeit dieser Kulmination des durchschnittlichen Zuwachses zulässig. Da nun der Durchschnittszuwachs der Einzelstämme bei einigermassen genügendem Standraume derselben meist bis über das Haubarkeitsalter derselben hinaus noch ansteigt, so würde man mit der Annahme des durchschnittlichen Zuwachses an Stelle des laufenden den letzteren fast immer zu klein erhalten; besonders wäre dies zur Zeit der Kulmination des laufenden Zuwachses der Fall, zu welcher Zeit derselbe nahezu noch einmal so gross ist als der durchschnittliche. Die Aufrechnung des Durchschnittszuwachses ist, wie wir noch im weiteren sehen werden, berechtigt, wenn es sich um den Zuwachs von ganz oder nahezu haubaren Beständen handelt, nicht aber für die Zuwachsbestimmung am Einzelstamm.

Noch wäre, da die meisten der vorstehend behandelten Methoden nur den Zuwachs des Stammschaftes angeben, die Zuwachsermittelung am Astholze in Betracht zu ziehen. An den stärkeren Aesten kann die Zuwachsermittelung erforderlichen Falles in gleicher Weise wie am Stamme entweder in der Mitte derselben oder an einzelnen Sektionen erfolgen; an den schwächeren Aesten würde eine spezielle Zuwachsermittelung wohl selbst für genauere Arbeiten zu zeitraubend sein. Zumeist begnügt man sich, insbesondere bei Nadelhölzern, damit, den Zuwachs am Schafte zu ermitteln, und nimmt die Zunahme der Astmasse als proportional der Zunahme des Schaftholzes an, was umsomehr berechtigt erscheint, da für beide Teile dasselbe Blattvermögen tätig ist und als auch der Wert der Astmasse zumeist gegenüber jenem des Schaftes kaum in Betracht kommt.

Beispiel der Massenzuwachs-Ermittelung. An einer 65jährigen Lärche wurden, um den Zuwachs der letzten 5 Jahre nach dem Sektionsverfahren zu ermitteln, Sektionen von je 2 m Länge gebildet und die Querschnitte in die Mitte jeder Sektion, also bei der Höhe von 1, 3, 5, 7 etc. Metern vom Abhiebe aufwärts geführt, an welchen Querschnitten als Mittel von je zwei Durchmessern für die jetzigen Durchmesser ohne Rinde und für jene vor 5 Jahren die folgenden Grössen erhoben wurden:

Höhe des Querschnittes:	1	3	5	7	9	11	13	15
jetziger Durchm. D:	28.3	25.4	24.8	23.6	22.7	21.7	20.5	19.2
früherer Durchm. d:	26.7	24.1	23.5	22.2	21.2	20.0	18.7	17.4

	17	19	21	23	25	27 Meter
D	18.2	16.1	14.7	11.1	7.8	4.0 cm
d	16.4	14.1	12.2	7.8	4.3	0.8 cm

Die Gesamtlänge des Stammes vom Abhieb betrug 29.3 m; es erübrigt also für den jetzigen Stamm nebst den 14 Sektionen à 2 m Länge noch ein Gipfelstück von 1.3 m Länge, dessen Durchmesser in der Mitte dieser Länge mit 2.2 cm gemessen wurde. Für den 60jährigen Stamm wurde, da dessen Gipfel im obersten Querschnitte bei 27 m noch mit zwei Jahrringen vertreten ist und daher bis nahe an das obere Ende dieser Sektion reichen dürfte, dieselbe noch als voll angenommen.

Es ergeben sich daher, wenn wir für obigen Durchmesser die Kreisflächen einsetzen und diese summieren, für den jetzigen und früheren Stamm folgende Holzmassen (ohne Rinde):

$$M = 2 \times 0.42410 + 1.3 \times 0.0004 = 0.8487 \text{ fm und}$$

$m = 2 \times 0.35635 = 0.7127$ fm³; somit der
fünfjährige Zuwachs $z = 0.8487 - 0.7127 = 0.136$ fm.

Direkt aus dem Zuwachse der einzelnen Sektionen würde man ebenso erhalten:

$$z = 2(0.42410 - 0.35635) + 1.3 \times 0.0004 = 0.136 \text{ fm}.$$

Für die Zuwachsermittelung aus der Stammmitte ergab sich zunächst die Höhe des 60jährigen Stammes mit 27.8 m, die zuwachsrechte Mitte daher bei 13.9 m. An dieser Stelle wurde der mittlere Durchmesser samt Rinde mit 21.6 cm, dann mittelst des Zuwachsbohrers die beiderseitige Rindenbreite mit 1.6 cm und die beiderseitige Zuwachsbreite der letzten 5 Jahre mit 1.7 cm gemessen; es ist daher für diese Berechnungsart

$$D_{l/2} = 21.6 - 1.6 = 20.0 \text{ cm}, \quad d_{l/2} = 20.0 - 1.7 = 18.3 \text{ cm},$$

und somit, wenn wir für diese Durchmesser die Kreisflächen einsetzen,

$$z = 27.8\,(0.03142 - 0.02630) = 0.142 \text{ fm}.$$

Aus dem Grundstärken- und Höhenzuwachse würde man als einjährigen Massenzuwachs des jetzigen Stammes, da hiefür $m = 0.8487$ fm, $d = 28.3$ cm, $\Delta d = \frac{1.6}{5} = 0.32$ cm, $h = 29.3$ m, $\Delta h = \frac{29.3 - 27.8}{5} = \frac{1.5}{5} = 0.3$ m ist, nach Breymanns Formel erhalten:

$$z = 0.8487 \left(\frac{2 \times 0.32}{28.3} + \frac{0.3}{29.3}\right) = 0.8487 \times 0.0328 = 0.0278 \text{ fm}.$$

Die genaue Zuwachsberechnung nach Sektionen ergibt einen durchschnittlich jährlichen Zuwachs der letzten 5 Jahre von $0.136 : 5 = 0.0272$ fm.

Die Anrechnung des Gesamtalters-Durchschnittszuwachses anstatt des laufenden würde dagegen den letzteren nur mit $\frac{0.8487}{65} = 0.0131$ fm, also mit weniger als der Hälfte seiner wirklichen Grösse bemessen.

§ 48. Ermittelung der Zuwachsprozente am Einzelstamme.

Für die Aufgaben der Betriebseinrichtung und der forstlichen Statik ist häufig nicht die Kenntnis der absoluten, sondern jene der relativen Zuwachsgrösse $\frac{z}{m}$, also des Verhältnisses zwischen Zuwachs und der Masse, an welcher derselbe erfolgt, erforderlich, welches Verhältnis zumeist in der Form eines Prozentes, somit in der Grösse $p = \frac{z100}{m}$ ausgedrückt wird. Die Bemessung der Zuwachsprozente bietet, schon wegen der Unabhängigkeit dieser Zahlen von der jeweiligen Massengrösse, auch sonst bei der Bestimmung des Zuwachses selbst, bei der Vergleichung verschiedener Zuwachsleistungen und der Feststellung des Einflusses wirtschaftlicher Massregeln auf den Zuwachs manche Vorteile; unerlässlich aber ist die Kenntnis der Zuwachsprozente für die Bemessung der Verzinsung der von den Beständen repräsentierten Kapitalswerte oder der finanziellen Nutzleistung, welche diese Bestände durch ihren Zuwachs gewähren, und insofern ist das Zuwachsprozent ein wichtiger Faktor bei der Beurteilung der Hiebsreife eines Bestandes.

Schon aus diesem Grunde, weil auch die Bemessung des Zuwachsprozentes der Stärke, Fläche oder Masse meist nur als Grundlage einer weiteren finanziellen Kalkulation dient, kann dieses Zuwachsprozent nach der obigen Formel der einfachen Verzinsung $p = \frac{z100}{m} \ldots 1$, nur für ein Jahr berechnet werden; für längere Zeiträume muss auch hier die Berechnung nach Zinseszinsen platzgreifen, d. h. wir betrachten die Masse M, zu welcher die anfängliche Masse m innerhalb von n Jahren herangewachsen ist, als den Nachwert dieser letzteren im Sinne einer Kapitalszunahme, also $M = m\,1 \cdot op^n$, und erhalten somit für das Zuwachsprozent der Masse für längere Zeiträume die Formel

$$1 \cdot op_m = \sqrt[n]{\frac{M}{m}}, \quad p_m = 100\left(\sqrt[n]{\frac{M}{m}} - 1\right) \ldots . 2.$$

Zur leichteren Berechnung dieser Zuwachsprozente hat Pressler eine sehr bequeme Näherungsformel, wie folgt, abgeleitet: Wächst die Masse m in n Jahren auf M an, so ist die jährliche Zuwachsgrösse $\frac{M-m}{n}$ und die mittlere Grösse des Massenvorrates, an welchem dieser Zuwachs erfolgt $\frac{M+m}{2}$; somit besteht für die Mitte des Zeitraums annähernd die Proportion

$$\frac{M-m}{n} : \frac{M+m}{2} = p_m : 100$$

und hieraus ist unmittelbar $p_m = \frac{M-m}{M+m} \frac{200}{n} \ldots 3.$

Man erhält also annähernd, und zwar stets etwas zu klein, das Zuwachsprozent, wenn man die Differenz der anfänglichen und schliesslichen Masse (die Zuwachsgrösse) durch deren Summe dividiert und diesen Quotienten mit $\frac{200}{n}$ multipliziert.

Etwas genauer als mit dieser Pressler'schen Formel erhält man die Zuwachsprozente mit der Näherungsformel, welche Kunze[71]) aufgestellt hat, dieselbe lautet:

$$p_m = \frac{M-m}{M(n-1)+m(n+1)} 200 \ldots . 4;$$

doch wird man auch mit der ersteren, dem Gedächtnis sehr leicht einzuprägenden Formel für die meisten Fälle der Praxis das Auslangen finden.

Das Stärkezuwachs-Prozent für irgend einen Stammquerschnitt ergibt sich daher, wenn man den jetzigen Durchmesser ohne Rinde, D, und jenen vor n Jahren, d (entweder direkt am Abschnitte oder aus D—2b mittelst des Zuwachsbohrers) erhoben hat, entweder aus

$$1 \cdot op_d = \sqrt[n]{\frac{D}{d}} \text{ oder annähernd aus } p_d = \frac{D-d}{D+d} \frac{200}{n},$$

wobei D und d als die mittleren Durchmesser der betreffenden Querfläche zu nehmen, daher stets mehrere Durchmesser, bezw. Zuwachsbreiten zu messen und aus diesen die Mittelwerte zu nehmen sind. Das Stärkezuwachs-Prozent ist in verschiedenen Stammhöhen nicht gleich, sondern zumeist von unten nach oben zunehmend, daher auch das in irgend einer Stammhöhe ermittelte Zuwachsprozent stets nur für den betreffenden Querschnitt giltig ist.

Das Flächenzuwachs-Prozent ergibt sich aus denselben Messungen oder auch aus den direkten (mittelst Planimeters) gemessenen Querflächen (G und g) genau nach der Formel

$$1 \cdot op_g = \sqrt[n]{\frac{G}{g}} = \sqrt[n]{\frac{D^2}{d^2}}$$

oder annähernd aus $p_g = \frac{G-g}{G+g} \frac{200}{n} = \frac{D^2-d^2}{D^2+d^2} \frac{200}{n}.$

Noch einfacher kann aber das Flächenzuwachs-Prozent auch direkt aus dem Stärkezuwachs-Prozent des betreffenden Querschnittes bestimmt werden, in Berücksichtigung des Satzes, dass das Prozent des Flächenzuwachses gleich ist dem Zweifachen des Stärkezuwachs-Prozentes; es kann demnach das erstere auch direkt aus den Durchmessern D und d nach der einfachen Formel

71) Siehe Kunze, Lehrbuch der Holzmesskunst, Seite 228.

$$p_g = 2p_d = \frac{D-d}{D+d}\,\frac{400}{n}$$

berechnet werden.

der Zuwachs der Fläche ist wenn d um Δd zunimmt,

$$z_g = \frac{\pi}{4}(d + \Delta d)^2 - \frac{\pi}{4}d^2 = \frac{\pi}{4}(2\,d\,\Delta d + \Delta d^2) \text{ und}$$

$$p_g = 100\,\frac{z_g}{\frac{\pi}{4}d^2} = 100\left(\frac{2\,\Delta d}{d} + \frac{\Delta d^2}{d^2}\right),$$ oder mit Vernachlässigung der sehr kleinen Grösse $\left(\frac{\Delta d}{d}\right)^2$, $p_g = 200\,\frac{\Delta d}{d} = 2\,p_d$.

Für die Beurteilung des Stärke- oder Flächezuwachs-Prozentes für den nächstvorliegenden Zeitraum, also nach vorwärts, wäre wieder der jetzige Durchmesser ohne Rinde an Stelle von d und dieser, vermehrt um die voraussichtlich doppelte Zuwachsbreite des betreffenden Zeitraumes an Stelle von D zu setzen.

Die Berechnung des Massenzuwachs-Prozentes erfolgt, wenn M und m oder m und der einjährige Zuwachs z bekannt sind, nach den bereits oben gegebenen Formeln 1—4. Für die ganz genaue Berechnung dieses Zuwachsprozentes müsste demnach die jetzige und frühere Masse des Stammes nach dem in § 46 sub a ausgeführten Sektionsverfahren ermittelt und dann das Prozent nach der Formel

$$1 \cdot op_m = \sqrt[n]{\frac{M}{m}}, \text{ oder } p_m = 100\left(\sqrt[n]{\frac{M}{m}} - 1\right)$$

berechnet werden.

In sehr einfacher und direkter Weise ergibt sich das Massenzuwachsprozent eines liegenden Stammes nach dem in § 46 sub b bereits angegebenen Pressler'schen Verfahren der Zuwachsermittelung aus der zuwachsrechten Stammmitte. Da wir dort $M = \frac{\pi}{4} D_{1/2}{}^2 h$ und $m = \frac{\pi}{4} d_{1/2}{}^2 h$ angenommen haben, so ergibt sich

$$1 \cdot op_m = \sqrt[n]{\frac{M}{m}} = \sqrt[n]{\frac{D_{1/2}{}^2}{d_{1/2}{}^2}} = \sqrt[n]{\frac{G_{1/2}}{g_{1/2}}},$$

oder annähernd $p_m = \frac{G_{1/2} - g_{1/2}}{G_{1/2} + g_{1/2}}\,\frac{200}{n}$, bezw. $p_m = \frac{D_{1/2} - d_{1/2}}{D_{1/2} + d_{1/2}}\,\frac{400}{n}$.

Pressler nimmt also das Zuwachsprozent der Fläche in der Mitte des zuwachsrecht entwipfelten Stammes als Zuwachsprozent der Schaftmasse und zugleich als solches des ganzen Baumes, da der Zuwachs an den Aesten als dem Zuwachse an Schaftmasse proportional angenommen werden kann. Diese Annahme Presslers erscheint nach den Vergleichungen und Untersuchungen, welche hierüber von H. Täger bereits im Jahre 1867[72]), in neuerer Zeit aber von Dr. Theodor Nördlinger[73]) veröffentlicht wurden, für die meisten Fälle als wohlberechtigt; speziell erhielt Täger aus der zuwachsrechten Mitte der Stämme mit den durch Stammanalyse genau berechneten Zuwachsprozenten sehr nahe übereinstimmende Prozente und auch Nördlinger fand die Stelle des Schaftes, in welcher das mittlere Stammzuwachsprozent liegt, in den meisten Fällen etwas unterhalb der Stammmitte, also nahe der von Pressler angenommenen zuwachsrechten Mitte; nur bei älteren hochstämmigen Fichten und Tannen, dann auch bei freigestellten Bäumen höheren Alters rückt dieser Punkt in die Mitte der Scheitelhöhe hinauf, und

72) A. F. u. J.Z. 1867. S. 170.
73) „Zuwachs und Zuwachsprozent", A. F. u. J.Z. 1884. S. 265.

wäre also bei solchen Stämmen das Zuwachsprozent in der Mitte des unentwipfelten Stammes zu suchen.

Für die Bemessung des Zuwachsprozentes nach vorwärts aus der zuwachsrechten Stammmitte wäre wieder die wahrscheinliche beiderseitige Zuwachsbreite der nächsten n Jahre einzuschätzen, darnach die voraussichtliche Grösse des Durchmessers nach n Jahren $D' = D + 2b$ zu bestimmen und sind dann diese Grössen D' und D an Stelle von D und d in die obigen Formeln einzusetzen.

Um die Berechnung noch weiter zu vereinfachen, führt Pressler die Grösse $\frac{D}{2b} = r$ (jetziger Durchmesser ohne Rinde dividiert durch die beiderseitige n-jährige Zuwachsbreite) als „relativen Durchmesser" ein, wonach sich für die Zwangsberechnung die Formeln ergeben:

$$1 \cdot op = \sqrt[n]{\left(\frac{r}{r-1}\right)^2} \text{ oder annähernd } p = \frac{r^2-(r-1)^2}{r^2+(r-1)^2} \frac{200}{n}.$$

Diese Werte von p sind für alle Grössen von $r = 2 \cdot 0$ bis $r = 300$ in Tafel 23 seines Forstlichen Hilfsbuches zusammengestellt und können daher die Zuwachsprozente nach Erhebung von D und 2b und Berechnung von $r = \frac{D}{2b}$ sofort dieser Tafel entnommen werden.

Für die Bemessung des Zuwachsprozentes nach vorwärts ergibt sich

$$1. op = \sqrt[n]{\frac{(r+1)^2}{r^2}} \text{ oder annähernd } p = \frac{(r+1)^2-r^2}{(r+1)^2+r^2} \cdot \frac{200}{n},$$

welche Werte gleichfalls für die verschiedenen Grössen von r in der oben bezeichneten Tafel 23 enthalten sind.

Geringere Sicherheit als dieses Verfahren bietet die Bestimmung des Zuwachsprozentes am stehenden Stamme, da hier der Stärke- oder Flächenzuwachs nur im untersten Stammteile erhoben werden kann, wo derselbe nicht, wie in der Stammmitte, das durchschnittliche Flächenzuwachsprozent des Schaftes darstellt, wo vielmehr dieses Prozent meist am geringsten ist und von da nach aufwärts stetig zunimmt, da ferner dieses Verhalten des Flächenzuwachses von unten nach aufwärts je nach Beastung und Freistellung des Stammes verschieden ist, und da endlich auch der Höhenzuwachs in der Regel nicht genau ermittelt, sondern meist nur schätzungsweise festgestellt werden kann. Es ist daher am stehenden Stamme nur eine annähernde Bestimmung des Zuwachsprozentes unter Beachtung des wahrscheinlichen Verhaltens in bezug auf Höhenzunahme und Formänderung möglich. Man kann nun dabei entweder nur vom Zuwachsprozent der Grundstärke (bezw. Grundfläche) ausgehen und das Zuwachsprozent der Masse in ein bestimmtes Verhältnis zu diesem stellen oder nebst dem Zuwachsprozent der Grundfläche auch den Zuwachs nach Höhe und Formzahl gesondert beurteilen und darnach das Massenzuwachsprozent bestimmen. (Summierung der Zuwachsprozente.)

Pressler hat den ersteren Weg eingeschlagen und unterscheidet, je nachdem zur Zunahme der Grundfläche noch ein Höhenzuwachs und eine Zunahme der Vollholzigkeit (der Formzahl) in grösserem oder geringerem Masse hinzukommen, 5 Abstufungen des Massenzuwachsprozentes bei einem bestimmten Zuwachsprozente der Grundstärke, wobei er das Verhältnis $M : m = D^2 : d^2$ als Minimum, das Verhältnis $M : m = D^{3^1/_3} : d^{3^1/_3}$ aber als Maximum der Massenzunahme im Verhältnisse zur Grundstärkenzunahme annimmt und zwischen diese noch die Potenzen $2^{1/_3}$, $2^{2/_3}$ und 3 für D und d einschaltet. Das Minimum würde nur dann eintreten, wenn gar kein Höhenzuwachs und keine Formänderung anzunehmen ist oder der Höhenzuwachs durch die Abnahme der Formzahl kompensiert wird (was bei tiefbeasteten oder freigestellten Stämmen der Fall sein kann); das Maximum dagegen wäre anzunehmen, wenn nebst vollem Höhenzuwachs auch die

Vollholzigkeit noch zunimmt. Ist bei gleichbleibender Form der Höhenzuwachs proportional dem Zuwachs der Grundstärke, so ergibt sich das Verhältnis

$$M : m = \frac{\pi}{4} D^2H : \frac{\pi}{4} d^2h = D^3 : d^3,$$

also die Stufe IV nach Pressler, während die Stufen II und III zwischen diesen Grenzwerten liegen.

Auch hier benützt Pressler den relativen Durchmesser $r = \frac{D}{2b}$ und hat zur Erleichterung der Zuwachsprozent-Einschätzung die den verschiedenen Werten von r nach obigen 5 Abstufungen des Verhältnisses zwischen Grundstärken- und Massenzuwachs entsprechenden Grössen des Zuwachsprozentes berechnet und in der Tafel 24 seines Hilfsbuches zusammengestellt.

Um nach diesen Tafeln das Zuwachsprozent eines stehenden Stammes zu bestimmen, hätte man also dessen Durchmesser (Grundstärke) ohne Rinde und den Grundstärkenzuwachs (letzteren mittelst des Zuwachsbohrers) und zwar möglichst oberhalb des Wurzelanlaufes, also in 1.5—1.8 m Höhe zu erheben, daraus r zu bestimmen und dann je nach dem Höhenwuchse, der höher oder tiefer angesetzten Beastung und dem mehr oder minder freien Stande des Stammes die Stufen zu wählen, für welche das Zuwachsprozent der Tafel zu entnehmen ist. Da die Tafel das Prozent für den ganzen Zeitraum von n Jahren angibt, so ist diese Prozentziffer noch durch n zu dividieren.

Um ohne Tafel annähernd das Zuwachsprozent aus dem Grundstärkenzuwachs zu bestimmen, ermittle man wie früher D und d = D — 2b, dann das Zuwachsprozent der Grundstärke aus $p_d = \frac{D-d}{D+d} \frac{200}{n}$ $\left(\text{oder für ein Jahr } p_d = \frac{100 \Delta d}{d}\right)$; dann ist das Grundflächen- und zugleich Minimum des Massen-Zuwachsprozentes, welches nur bei tiefbeasteten älteren Stämmen oder bei freigestellten Stämmen mit sehr geringem Höhenzuwachs anzuwenden wäre, $p_m = 2p_d$; in den meisten Fällen ist $p_m = 2^1/_2\, p_d$ bis $3p_d$, bei Stämmen von noch vollem Höhenzuwachs und im geschlossenen Bestande oder solchen in sehr engem Schlusse aber $p_m = 3^1/_2\, p_d$ zu nehmen.

Für das **einjährige Zuwachsprozent** (des laufenden Jahres) folgt aus dem in § 46 sub d mitgeteilten **Breymann**'schen Verfahren der Zuwachsermittelung, da nach diesem $z = m\left(\frac{2 \Delta d}{d} + \frac{\Delta h}{h}\right)$ und das Zuwachsprozent für ein Jahr $p_m = \frac{z\,100}{m}$ ist, die einfache Formel

$$p_m = 100\left(\frac{2 \Delta d}{d} + \frac{\Delta h}{h}\right),$$

worin d und h die jetzige Grundstärke und Höhe des Stammes, Δd und Δh den einjährigen Grundstärken- und Höhenzuwachs bedeuten. Für fehlenden Höhenzuwachs, also $\Delta h = 0$, wird $p_m = \frac{200\, \Delta d}{d}$, also das Massenzuwachsprozent gleich dem Zuwachsprozent der Grundfläche oder dem doppelten Zuwachsprozent der Grundstärke. Auch bei der Anwendung dieser Formel für die Zuwachsprozentberechnung ist es angezeigt, diese Messhöhe des d und Δd möglichst ausser dem Bereiche des Wurzelanlaufes, bei älteren Stämmen also höher als in der gewöhnlichen Messhöhe von 1.3 m zu nehmen.

Eine andere sehr einfache und in der Praxis nicht selten angewendete Formel für die Bemessung des Zuwachsprozentes stehender Bäume ist die von Professor **Schneider** in Eberswalde angegebene Formel

$$p = \frac{400}{n.d},$$

in welcher d der jetzige Durchmesser ohne Rinde in Zentimeter, n aber die Anzahl der Jahrringe ist, welche nach dem letzten Zuwachse auf je einen Zentimeter gehen. Es ist also $\frac{1}{n}$ nichts anderes als die einjährige Zuwachsbreite auf einer Seite des Durchmessers, oder $\frac{2}{n}$ gleich dem einjährigen Durchmesserzuwachse, also auch gleich dem Δd der vorigen Formel Breymann's. Die Formel $p = \frac{400}{n.d}$ gibt daher, ebenso wie die obige $p = \frac{200 \Delta d}{d}$, nur das Zuwachsprozent der Grundfläche, welches nur bei frei erwachsenen oder später frei gestellten Stämmen zugleich als Massenzuwachsprozent angenommen werden kann, während das letztere nach unseren früheren Ausführungen in den meisten Fällen das $1^1/_4$ bis $1^1/_2$-fache, bei Stämmen in dichterem Schlusse und mit vollem Höhenzuwachs aber das $1^3/_4$fache des nach der Schneider'schen Formel berechneten Zuwachsprozentes beträgt. Es ist daher auch die obige Formel nachträglich dahin abgeändert worden, dass im Zähler derselben statt 400 unter Umständen auch 500 bis 600 gesetzt werden soll.

Schon die Breymann'sche Formel liefert, da in derselben $100 \frac{2 \Delta d}{d} = 2 p_d = p_g$ und $100 \frac{\Delta h}{h} = p_h$ ist, den Beweis, dass das Massenzuwachsprozent gleich ist der Summe der Zuwachsprozente der einzelnen Massenfaktoren, also auch allgemein $p_m = p_g + p_h \pm p_f$ oder für den einjährigen Zuwachs auch $p_m = 100\left(\frac{2 \Delta d}{d} + \frac{\Delta h}{h} \pm \frac{\Delta f}{f}\right)$ gesetzt werden kann, welches Verfahren der Summierung der Zuwachsprozente vor den bloss auf Einschätzung verschiedener Abstufungen des Verhältnisses $p_m : p_g$ beruhenden (wie jene von Schneider und Pressler) entschieden den Vorzug verdienen dürfte. Die Formzahländerung kann in den meisten Fällen, besonders für den einjährigen Zuwachs, unberücksichtigt bleiben; wo jedoch die Bestandesverhältnisse entschieden eine Zunahme oder Abnahme der Formzahl voraussetzen lassen, wäre auch diese zu berücksichtigen, indem die innerhalb eines längeren Zeitraumes (z. B. in 10 Jahren) zu erwartende Aenderung der Formzahl beurteilt und daraus das Prozent $\pm p_f$ bestimmt wird. Im übrigen wäre bei Anwendung dieses Verfahrens das Grundflächenzuwachs-Prozent $p_g = 2 p_d$, wie vor zu erheben, die Höhe des Stammes zu ermitteln und dessen Höhenzuwachs zu messen oder zu schätzen, um darnach auch das Prozent p_h nach der Näherungsformel $p_h = \frac{H - h}{H + h} \cdot \frac{200}{n}$ oder für ein Jahr $p_h = \frac{100 \Delta h}{h}$ zu bestimmen.

Beispiel der Zuwachsprozent-Ermittelung. Es mögen hier für dieselbe 65jährige Lärche, welche im vorigen § als Beispiel der Zuwachsermittelung diente, auch die Zuwachsprozente berechnet werden.

a. nach dem Sektionsverfahren: Dasselbe ergab für den 65jährigen und den 60jährigen Stamm die Holzmassen (ohne Rinde) M = 0.8487 fm und m = 0.7127 fm;

$$\text{es ist also } p_m = 100\left(\sqrt[5]{\frac{0.8487}{0.7127}} - 1\right) = 3.55\,\%$$

$$\text{oder annähernd } p_m = \frac{0.8487 - 0.7127}{0.8487 + 0.7127}\,\frac{200}{5} = 3.48\,\%.$$

Die Kunze'sche Näherungsformel würde das Zuwachsprozent mit

$$p_m = \frac{0.8487 - 0.7127}{0.8487 \times 4 + 0.7127 \times 6} \times 200 = 3.55\,\%,$$

also in diesem Falle ebenso wie die logarithmische Berechnung ergeben.

b. aus der zuwachsrechten Stammmitte: An dieser Stelle wurde $D_m = 20.0$ cm, $d_m = 18.3$ cm erhoben; es ist daher das Stärkezuwachsprozent hier

$$p_d = 100\left(\sqrt[5]{\frac{20}{18.3}} - 1\right) = 1{,}79\,\% \text{ oder annähernd } p_d = \frac{20 - 18.3}{20 + 18.3}\,\frac{200}{5} = 1.78\,\%.$$

Das Flächen- und zugleich Massenzuwachs-Prozent

$$p_g = p_m = 100\left(\sqrt[5]{\frac{314.2}{263.0}} - 1\right) = 3.62\,\%, \text{ oder}$$

$$\text{annähernd aus } p_m = \frac{314.2 - 263{,}0}{314.2 + 263.0}\,\frac{200}{5} = 3.55\,\% \text{ oder}$$

$$\text{aus } p_m = 2 p_d = \frac{20 - 18.3}{20 + 18.3}\,\frac{400}{5} = 3.55\,\%.$$

Für die Anwendung von Tafel 23 in Pressler's Forstlichem Hilfsbuch ist der „relative Durchmesser“ $r = \frac{20}{1.7} = 11{,}8$ und damit erhält man aus der genannten Tafel nach „rückwärts“ ein Zuwachsprozent von $\frac{17.6}{5} = 3.52\,\%$, nach „vorwärts“ ein solches von $\frac{16.2}{5} = 3.24\,\%$.

c. Die Grundstärke (bei 1.3 m vom Boden) wurde für jetzt mit 28.3 cm, der beiderseitige Stärkezuwachs der letzten 5 Jahre mit 1.6 cm, somit $d = 26.7$ cm erhoben; es ergibt sich daher ein Grundstärkenzuwachs-Prozent von $p_g = 100\left(\sqrt[5]{\frac{28.3}{26.7}}\,1 - \right) = 1.17\,\%$, oder annähernd $p_d = \frac{28.3 - 26.7}{28.3 + 26.7}\,\frac{200}{5} = 1.16\,\%$ und ein Grundflächenzuwachs-Prozent von $p_g = 100\left(\sqrt[5]{\frac{629}{560}} - 1\right) = 2.35\,\%$, oder annähernd $p_g = 2p_d = 2.34\,\%$.

Das Massenzuwachs-Prozent wäre, da der Höhenzuwachs dem Grundstärkenzuwachs proportional, eine wesentliche Formzunahme bei der Lärche aber nicht anzunehmen ist, nach unserer früheren Anleitung mit dem Dreifachen des Grundstärkenzuwachses, also $p_m = 3p_d = 3.5\,\%$ zu nehmen.

Für die eingrenzende Zuwachsschätzung nach Pressler ist der relative Durchmesser $r = \frac{28.3}{1.6} = 17.7$ und es gibt die Tafel 24 des Hilfsbuches für diesen Wert von r in der hier anzuwendenden Zuwachsklasse IV das Zuwachsprozent nach „rückwärts“ mit $17.5 : 5 = 3.5\,\%$, und nach „vorwärts“ mit $16.5 : 5 = 3.3\,\%$ an.

d. Nach der Breymann'schen Formel erhält man für das Zuwachsprozent des laufenden Jahres, da hier $d = 28.3$ cm, $\Delta d = 0.32$ cm, $h = 29.3$ m und $\Delta h = 0{,}3$ m ist,

$$p_m = 100\left(\frac{2 \times 0.32}{28.3} + \frac{0.3}{29.3}\right) = 3.28\,\%.$$

Das wirkliche Zuwachsprozent des laufenden Jahres beträgt, da der einjährige Zuwachs im Durchschnitte der letzten 5 Jahre $z = \frac{0.136}{5} = 0.0272$ fm³ ist, $\frac{0.0272 \times 100}{0.8487} = 3.2\,\%$.

e. Die Schneider'sche Formel würde, da aus $\frac{\Delta d}{2} = 0.16$ cm folgt, dass 6 Jahrringe auf 1 cm gehen, also $n = 6$ ist, das Massenzuwachs-Prozent nur mit $p_m = \frac{400}{6 \times 28.3} = 2.35\,\%$, also gleich dem Flächenzuwachs-Prozente bemessen, und müsste hier, um annähernd das richtige Zuwachsprozent zu erhalten, statt 400 die Zahl 600 genommen werden.

f) Aus der Summierung der Zuwachsprozente würde man als Massenzuwachsprozent der letzten 5 Jahre, da $p_g = 2.35$ (wie oben), dann $H = 29.3$, $h = 27.8$, somit $p_h =$

$\frac{1.5}{29.3+27.8} \cdot \frac{200}{5} = 1.05$, ferner $f_{65} = 0.460$, $f_{60} = 0.458$ und somit $p_f = + 0.10$ ist, erhalten

$$p_m = 2.35 + 1.05 + 0.10 = 3.5\%.$$

§ 49. Ermittelung des Zuwachsganges eines Stammes für dessen ganze Lebensdauer (Stammanalyse) [74]. Die bereits früher erwähnte Eigenschaft unserer Holzgewächse, kenntliche Jahrringe zu bilden, d. h. die Massenablagerung des folgenden Jahres von jener des Vorjahres durch die verschiedene Struktur und Färbung des Frühjahrsholzes gegen das Herbstholz mehr oder weniger deutlich abzugrenzen, ermöglicht es uns auch an den ältesten Stämmen, solange dieselben noch nicht der Fäulnis anheimgefallen sind, deren Entwicklung nach einzelnen Zeitperioden oder auch von Jahr zu Jahr noch nachträglich genau festzustellen; es lässt sich die Geschichte dieses Entwicklungsganges an den einzelnen Stammquerschnitten genau verfolgen und es können in früherer Zeit eingetretene Zuwachsstörungen, sowie etwaige Perioden eines zu beengten Standraumes, einer darauf folgenden Freistellung oder Lichtung des Bestandes u. dgl. an denselben noch nach vielen Jahrzehnten nachgewiesen werden.

Ein durch die Stammaxe gelegter Längsschnitt, wie die folgende Figur 49 (Seite 287) einen solchen darstellt, würde uns an dem Verlaufe der Jahrringe über die Entwicklung und Form des Stammes in allen Altersstufen Aufschluss geben, wenn wir dabei die Querschnitte als Kreisflächen betrachten dürfen; und es ist, wenn wir auch solche Längsschnitte nicht in Wirklichkeit ausführen, doch die graphische Darstellung eines solchen in der Tat am besten geeignet, uns den Entwicklungsgang eines Stammes nach Grundstärke, Höhe und Form vor Augen zu führen.

Man benützt hiezu, da die Ausführung von Längsschnitten an älteren Stämmen überhaupt nicht wohl tunlich wäre, ein solcher Schnitt uns auch nicht immer die mittleren Durchmesser, wie wir sie für die Massenberechnung benötigen, angeben würde, und da ferner auch die Jahrringe an Querschnitten viel deutlicher ersichtlich sind als an Längsschnitten, wieder das Sektionsverfahren, wie wir dasselbe bereits für die Ermittelung des Höhen- und des periodischen Massenzuwachses kennen gelernt haben, d. h. man entnimmt dem Stamme in nicht zu grosser Entfernung eine Anzahl von Querschnitten, erhebt an diesen die Durchmesser oder Querflächen der früheren Altersstufen und ebenso deren Stammhöhen, welche Erhebungen dann sowohl für die graphische Darstellung des gedachten Längsschnittes als auch für die Berechnung der Holzmassen in den einzelnen Altersstufen dienen. Solche Untersuchungen von Stämmen auf deren Wachstumsgang nennt man Stammanalysen.

In den meisten Fällen wird es, selbst für ganz genaue Untersuchungen, genügen, wenn die Querschnitte in einer Entfernung von je 2 Metern genommen werden; bei raschwüchsigen und sehr langen Stämmen ist im unteren Stammteile selbst eine Entfernung der Querschnitte von 3—4 Meter zulässig; im oberen Stammteile müssen, da hier der Höhenzuwachs geringer und auch die Form zumeist weniger regelmässig ist, die Sektionen wieder kürzer gebildet werden. Für die Massenberechnung ist es auch hier wieder zweckmässig, die Querschnitte so zu legen, dass jeder derselben die Mitte einer Sektion bildet. Für die Bestimmung der früheren Grundstärken des Stammes bei 1.3 m Höhe und der auf diese Messhöhe bezogenen Formzahlen muss jedenfalls ein Querschnitt bei 1.3 m Höhe vom Boden eingelegt werden; es wird also zweckmässig sein, diesen Querschnitt gleich als Mittelfläche der untersten, von 0.3 bis 2.3 m Höhe

74) Vergl. Lorey. Ueber Stammanalysen. Stuttgart 1880.

reichenden Sektion zu betrachten und es wären dann die weiteren Querschnitte, wenn durchwegs Sektionen von 2 m gebildet werden sollen, bei den Höhen von 3.3, 5.3. 7.3 m u. s. w. zu nehmen. Das zwischen der Abhiebshöhe und der Höhe von 0.3 m gelegene kleine Stück, dessen Länge meist nur 0.1 bis 0.2 m beträgt, kann mit geringem Fehler aus der untersten Querfläche (der Abschnittsfläche) bemessen werden. Da die Durchmesser oder Querflächen an Ort und Stelle und an den ganzen Stammabschnitten keineswegs immer bequem und mit der nötigen Sorgfalt gemessen werden könnten, so entnimmt man an den betreffenden Querschnittsstellen kleine Stammausschnitte (Scheiben) von etwa 2—3 cm Dicke und zwar meist so, dass die untere Seite dieser Abschnitte der eigentlichen Messhöhe entspricht, also zur Messung dient, während die obere, dem Gipfel zugewendete Seite mit der Bezeichnung des Stammes und der Nummer des betreffenden Abschnittes versehen wird. Fällt dabei ein Querschnitt auf einen Asteingang oder sonst auf eine zur Messung ungeeignete Stelle, so verlegt man denselben an die nächstliegende regelmässige Stelle und kann dann die Durchmesser der richtigen Messstelle aus der Zeichnung des Längsschnittes entnehmen. Die unterste oder Stammgrundscheibe wird dabei schon des meist unregelmässigen Abhiebes wegen etwas stärker gehalten und man wird an dieser dann selbstverständlich die obere Abschnittsfläche für die Berechnung des unter 0.3 Meter gelegenen Stammstückes benützen.

An diesen Abschnitten sind dann zunächst die Jahrringe jener Altersstufen, für welche der Zuwachs erhoben werden soll, entweder nur an einzelnen Durchmessern oder nach ihrem ganzen Verlaufe, am besten mit scharfen, unmittelbar an der Aussengrenze der betreffenden Herbstholzringe gezogenen Bleistiftlinien zu bezeichnen. Bei älteren Stämmen werden meist 10jährige, an jüngeren etwa auch 5jährige Altersstufen genommen, also die Masse, Form etc. des 10-, 20-, 30jährigen Stammes etc. erhoben, womit nicht nur die Arbeit wesentlich vereinfacht wird, sondern auch die Schwankungen im Zuwachse der Einzeljahre bereits zu Durchschnittswerten ausgeglichen und damit auch die Gesetze des Entwicklungsganges besser zum Ausdruck gebracht werden.

Zu diesem Zwecke ist zuerst das Gesamtalter des Stammes an dem untersten Abschnitte mit Berücksichtigung der Stockhöhe möglichst genau zu bestimmen, dann sind an den einzelnen Abschnitten durch Abzählen der Jahrringe von aussen gegen die Stammmitte zu die Jahrringe der vollen Jahrzehnte oder Jahrfünfte zu bestimmen. Ist z. B. das Gesamtalter mit 65 Jahren erhoben worden und soll der Zuwachs für je 10jährige Altersstufen ermittelt werden, so ist zuerst durch Abzählen der äussersten 5 Jahrringe an allen Querschnitten der Jahrring des 60sten, dann durch Abzählen von je 10 Jahrringen derjenige des 50sten, 40sten etc. Jahres festzustellen und zu bezeichnen. Dabei ist besonders auch jenen Jahrringen das Augenmerk zuzuwenden, welche als besonders schmale oder breite Ringe leicht kenntlich, oder auch durch feinere oder auffallend breite Herbstschichte u. dgl. gegenüber den anderen Jahrringen in allen Querschnitten übereinstimmend charakterisiert sind. Nur durch Berücksichtigung dieser charakteristischen Jahrringe [75]) ist es bei älteren Stämmen mit oft sehr schmalen oder wenig deutlichen Jahrringen möglich, sich zu vergewissern, dass in allen Querschnitten die zusammengehörigen Jahrringe gemessen wurden.

Auch schon bei der Bestimmung des Alters ist es, wenn einzelne Jahrringe am untersten Abschnitte undeutlich oder zweifelhaft sind, zweckmässig, diese auch auf einem der obersten Querschnitte aufzusuchen, da solche in den unteren Stammpartien nahezu verschwindende Jahrringe oft nur in den oberen Querschnitten, wo sie beträchtlich breiter werden, sicher als solche erkennbar sind.

---

75) Vergl. „Ueber charakteristische Jahresringe“ von K. Böhmerle. Oe. M. f. F. 1882. S. 524.

Auch die Gesamtzahl der Jahrringe ist für jeden Querschnitt zur nachträglichen Bestimmung des Höhenzuwachses (vergl. § 45) zu notieren.

Die Messung der Durchmesser oder der Querflächen für alle Altersstufen in den einzelnen Abschnitten hat nach den bereits in § 46 über die Ermittelung des Stärke- und Flächenzuwachses gegebenen Anleitungen zu erfolgen.

Bei Stämmen mit regelmässigen und nahezu kreisförmigen Querschnitten, wie solche meist bei den Nadelhölzern, insbesondere bei der Fichte und Tanne, zu finden sind, wird man fast immer die Messung von Durchmessern und die Bestimmung der Kreisflächen nach diesen vorziehen, da diese Messung rascher und weniger umständlich auszuführen ist als die direkte Messung der Querflächen mittelst eines Planimeters; letztere wird jedoch für genaue Erhebungen bei weniger regelmässig geformten Querflächen und insbesondere dann anzuwenden sein, wenn diese Form in den einzelnen Altersstufen mehrfach wechselt, wie dies bei den Laubhölzern nicht selten der Fall ist.

Im letzteren Falle müssen für die graphische Darstellung des Stammes umgekehrt die Kreisdurchmesser aus den gemessenen Querflächen abgeleitet werden. Für die Durchmessermessung genügt es, wenn die betreffenden Durchmesser (meist zwei auf einander senkrecht stehende, bei grösseren Querschnitten und weniger regelmässiger Form aber auch drei bis vier) an den einzelnen Abschnitten mit einem Nuthobel etwas ausgehobelt und geglättet werden; für die direkte Flächenmessung müssen die Abschnitte vollständig und möglichst glatt abgehobelt werden.

Zur graphischen Darstellung des Längsschnittes benützt man am besten Millimeterpapier, auf welches zuerst die Höhen, bezw. die Abstände der einzelnen Querschnitte nach einem bestimmten Masse und dann die an diesen gemessenen Durchmesser, und zwar je zur Hälfte beiderseits der Mittelaxe des Stammes, aufgetragen werden. Die Durchmesser werden stets in einem grösseren, etwa dem 10- bis 20fachen Masse gegenüber der Höhe aufzutragen sein, um die Zuwachsbreiten und die Stammform besser zum Ausdruck zu bringen.

Am leichtesten und schnellsten erfolgt diese Auftragung, wenn man die Höhen in $^1/_{100}$, die Durchmesser aber in $^1/_5$ der natürlichen Grösse nimmt, in welchem Falle je $^1/_{10}$ des Durchmessers beiderseits der Mittelaxe als Halbmesser aufzutragen ist. Die zusammengehörigen Endpunkte der Durchmesser werden sodann beiderseits der Mittelaxe zu den Stammkurven der einzelnen Altersstufen verbunden und die zwischen den Sektionsabschnitten gelegenen Gipfelhöhen derselben teils auf Grund der entsprechend ausgeglichenen Höhenkurven (vergl. Fig. 45 Seite 265), teils auch nach dem Verlaufe der Stammkurven selbst, bestimmt.

Für die Berechnung der Holzmassen aller Altersstufen werden die Querflächen der g a n z e n Sektionen für die einzelnen Altersstufen zusammengestellt, die Flächen der gleich langen Sektionen summiert und mit der Sektionslänge multipliziert. Zu dieser Masse der ganzen Sektionen sind dann noch die Kubikinhalte der nicht eine volle Sektion bildenden Gipfelstücke, nach den aus der Zeichnung zu entnehmenden Längen und Mittenstärken derselben, dann die Inhalte der unterhalb der Höhe von 0.3 m gelegenen Stammstücke hinzuzurechnen, für welche letzteren entweder der unterste Stammabschnitt zugrunde gelegt oder gleichfalls die Mittenstärke aus der Zeichnung entnommen werden kann.

Bei der Berechnung dieses untersten Stammstückes für frühere Alter ist zu berücksichtigen, dass dem schwächeren Stamme auch eine geringere Abhiebshöhe zukommt, welche letztere nach Vereinbarung der forstlichen Versuchsanstalten meist mit $^1/_3$ des jeweiligen Stockdurchmessers bemessen wird. Es wären also hiernach die

Abhiebshöhen, bezw. die Längen der unter 0.3 m fallenden kleinen Stammsektionen für die früheren Altersstufen zu bestimmen.

Bei stärkeren Stämmen können die Gipfelstücke, welche die Mitte der betreffenden Sektion nicht erreichen, ihres sehr kleinen Inhaltes wegen auch ganz vernachlässigt, die über diese Mitte reichenden aber mit der dortigen Querfläche und vollen Sektionslänge berechnet werden.

Aus der Differenz der berechneten Massen ergeben sich sodann die Zuwachsgrössen für die einzelnen Altersstufen; ebenso können aus dem Verhältnis derselben zu dem jeweiligen Walzeninhalte die Formzahlen berechnet und kann endlich aus diesen Erhebungen der Wachstumsgang des betreffenden Stammes auch ziffermässig dargestellt werden, wie dies im nachfolgenden Beispiele ausgeführt ist.

Als Beispiel einer Stammanalyse wählen wir eine 45jährige Fichte aus einem im Jahre 1843 begründeten Pflanzbestande, welche wir auf ihren Wachstumsgang in 5jährigen Altersperioden untersuchen wollen. Der bei 0.1 Meter Höhe geführte Stockabschnitt zeigte 43 Jahrringe und ergibt sich daher mit Zuschlag von 2 Jahren für diese Abhiebshöhe übereinstimmend mit den Aufschreibungen über die Begründung des Bestandes ein Alter von 45 Jahren. Weitere Abschnitte wurden nun nach der im vorigen gegebenen Anleitung bei den Höhen von 1.3, 3.3, 5.3 u. s. w. bis 19.3 Meter entnommen[76]; die Gesamtlänge des Stammes vom Abhieb bis zum Gipfelende betrug 21.4 Meter.

An allen diesen Abschnitten wurden nun die früheren Jahrringe von 5 zu 5 Jahren, und zwar an den Abschnitten von 0.1 und 1.3 M. an je drei Durchmessern, an allen übrigen an je zwei aufeinander senkrechten Durchmessern bezeichnet; die Messung dieser Durchmesser mit dem in § 45 beschriebenen Stangenzirkel und die Abzählung der Jahrringe an allen Querschnitten ergab folgende Zahlen:

Des Abschnittes		Anzahl der Jahrringe	Mittlerer Durchmesser in cm im Alter:									
Nr.	Höhe		5	10	15	20	25	30	35	40	45	inkl. Rinde
1	0.1	43	1.29	3.42	9.40	14.78	19.12	21.83	24.87	28.36	31.28	32.70
2	1.3	37		1.00	6.48	11.42	15.03	17.39	19.51	21.88	23.87	24.90
3	3.3	33			3.82	9.41	13.72	16.35	18.70	21.08	22.93	23.95
4	5.3	30				5.26	10.67	14.20	16.99	19.45	21.44	22.35
5	7.3	26				0.90	6.40	10.94	14.58	17.59	20.03	20.95
6	9.3	23					3.53	8.47	12.84	16.31	18.67	19.65
7	11.3	19						4.66	9.94	14.24	16.96	17.80
8	13.3	16						1.49	6.59	11.50	14.92	15.80
9	15.3	12							2.57	7.88	11.87	12.65
10	17.3	9								4.78	9.25	9.80
11	19.3	6								1.00	4.77	5.35

Werden diese Durchmesser in den entsprechenden Höhen aufgetragen, so ergibt sich der nebenstehende Längsschnitt des Stammes, welcher dessen Entwicklung, und zwar für die vollen Jahrzehnte in stärkeren, für die zwischenliegenden Jahrfünfte in schwächeren Linien der Stammkurven darstellt. Der Massstab ist in der auf halbe Grösse des Originals reduzierten Figur 49 für die Höhen 1 : 200, für die Durchmesser 1 : 10. Die Höhen sind nach der aus der obigen Anzahl der Jahrringe auf den einzelnen Querschnitten sich ergebenden Kurve des Höhenwachstumsganges (vergl. § 45) festgestellt.

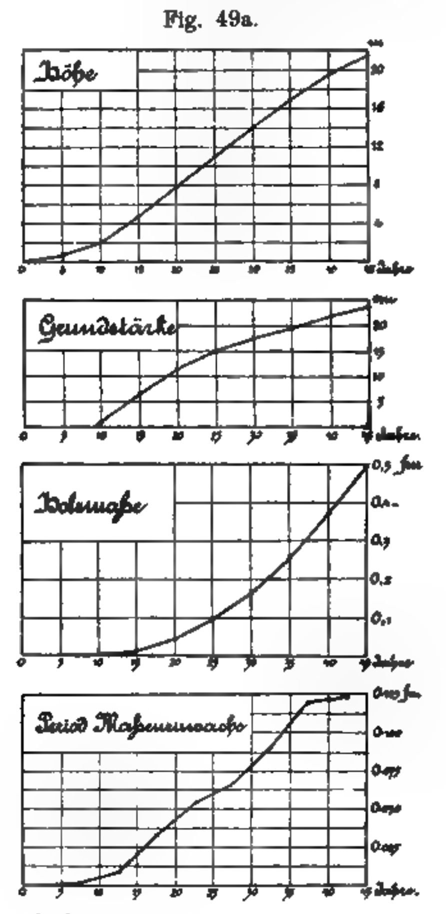
Für die Berechnung der jeweiligen Holzmasse des Stammes (ohne Rinde) in allen Altersstufen sowie des jetzigen Stammes samt Rinde ergeben sich aus den obigen Durchmessern folgende Kreisflächen für die Mitte der jeweiligen vollen Sektionen zu 2 m Länge:

---

76) In Wirklichkeit wurden für diese Untersuchung die Stammscheiben nach je 1 Meter Entfernung, von der Höhe von 1.3 m ab, genommen, von welchen Abschnitten wir aber hier zur Vereinfachung des Beispieles nur die eben bezeichneten benützen wollen.

Höhe des Abschnittes	Kreisfläche in cm² in Alter: 5	10	15	20	25	30	35	40	45	inkl. Rinde
1.3	—	—	33	102	177	238	299	376	448	487
3.3			11	70	148	210	275	349	413	451
5.3				22	89	158	227	297	361	392
7.3					32	94	167	243	315	345
9.3					10	56	129	209	274	303
11.3						17	78	159	226	249
13.3							34	104	175	196
15 3							5	49	111	126
17.3								18	67	75
19.3									18	22
Summe	—		44	194	456	773	1214	1804	2408	2646
daher Masse der ganzen Sektionen à 2 m in 1/10000 Festmeter:	—	—	88	388	912	1546	2428	3608	4816	5292
Masse der Sektion vom Abhieb bis 0.3 m	—	—	14	34	58	70	90	120	146	160
Inhalt der Gipfelstücke:	0.7	8	—	9	—	7	—	4	3	4
Gesamtmasse:	0.7	8	102	431	970	1623	2518	3732	4965	5456

Fig. 49. Fig. 49a.



Der 5- und 10jährige Stamm wurden nach der Zeichnung als Kegel berechnet und zwar in ihrer ganzen Masse vom Boden an; vom 15. Jahre ab wurde die gleiche Abhiebs-

höhe von 0.1 m beibehalten, daher die unterste Sektion mit einer Höhe von 0.2 m und zwar bis zum 30. Jahre auf Grund des bei 0.1 m gemessenen Durchmessers, vom 30. Jahre an aber nach dem der Zeichnung entnommenen Durchmesser in der Mitte dieser kleinen Sektion berechnet.

Aus diesen Messungen und Zahlen ergibt sich nun nachstehender

Wachstumsgang des Stammes:

Alter	d	Δd	h	Δh	m	Δm	Formzahl		Massen-zuwachs-Prozent
	cm		m		fm		für 1.3 m	absolute	
5	—	—	0.7	1.3	0.0001	0.0007	—	—	
10	1.0	5.5	2.0	2.8	0.0008	0.0094	—	0.333	
15	6.5	4.9	4.8	3.0	0.0102	0.0329	0.644	0.410	33.4
20	11.4	3.6	7.8	3.1	0.0431	0.0539	0.542	0.426	17.6
25	15.0	2.4	10.9	3.0	0.0970	0.0653	0.503	0.424	10.8
30	17.4	2.1	13.9	2.8	0.1623	0.0895	0.490	0.433	9.2
35	19.5	2.4	16.7	2.6	0.2518	0.1214	0.505	0.458	8.2
40	21.9	2.0	19.3	2.1	0.3732	0.1233	0.514	0.474	5.7
45	23.9		21.4		0.4965		0.518	0.482	
inkl. Rinde	24.9		21.4		0.5456		0.524	0.488	

Die Rinde beträgt daher 0.0491 fm oder 9 Prozent der Gesamtmasse.

Es bedeutet hier d den Durchmesser bei 1.3 m, h die Scheitelhöhe vom Abhiebe an, m die Holzmasse des Schaftes ohne Rinde, Δd, Δh, Δm die periodischen Zuwachsgrössen der Grundstärke, Höhe und Holzmassen. Die absolute Formzahl bezieht sich nur auf den Inhalt des oberhalb der Messhöhe (1.3 m) gegebenen Stammteiles im Vergleiche zur Walze von gleicher Grundfläche und Höhe. Die Massenzuwachs-Prozente sind nach der Formel

$$1.0p = \sqrt[n]{\frac{M}{m}}$$ berechnet.

B. Zuwachsberechnung für ganze Bestände.

§ 50. **Methoden der Zuwachsbestimmung im Bestande.** Die Aufgaben, welche hinsichtlich der Zuwachsbestimmung ganzer Bestände sich ergeben, sind je nach dem Zwecke, welchem diese Bestimmung dienen soll, sehr mannigfaltige; in dem einen Falle ist es der laufende oder der periodische Zuwachs eines kürzeren Zeitraumes, oder auch das Zuwachsprozent eines solchen, welches erhoben werden soll, in andern Fällen ist der Zuwachs der Bestände für längere Zeiträume vorauszubestimmen, oder es ist der Durchschnittszuwachs zunächst für das Haubarkeitsalter festzustellen; endlich könnte auch hier die Aufgabe gestellt werden, den Zuwachsgang eines Bestandes durch seine ganze Lebensdauer zu verfolgen. Abgesehen von dieser letzteren Aufgabe handelt es sich bei Zuwachsbestimmungen im Bestande fast immer um die Vorausbestimmung des Zuwachses für einen kürzeren oder längeren Zeitraum; auch das Zuwachsprozent wird zumeist entweder für das laufende Jahr oder für eine nächstfolgende kurze Zeitperiode ermittelt, und werden wir daher auch die Zuwachsbestimmung nach vorwärts hier vorzugsweise berücksichtigen.

Es ist naheliegend, dass nur der Zuwachs für kurze Zeiträume durch Erhebungen am Bestande selbst bestimmt werden, die Beurteilung des wahrscheinlichen Zuwachses für längere Zeiträume aber nur nach Anhalt unserer Erfahrungen, bezw. spezieller Untersuchungen über den Wachstumsgang der Bestände erfolgen kann, und auch die erstere Aufgabe wird durch die Benützung solcher Erfahrungs- oder Untersuchungs-Ergebnisse wesentlich vereinfacht und erleichtert werden. Man war daher auch schon seit Beginn der Entwickelung unserer forstlichen Taxationslehre bestrebt, den Wachs-

tumsgang und Ertrag unserer wichtigsten Holzarten nach verschiedenen Standortskategorien in sog. Ertragstafeln zum Ausdruck zu bringen, welche Tafeln, seither vielfach erweitert und verbessert, für die Zwecke der Zuwachsbestimmung im Bestande einen sehr wertvollen, ja bei manchen diesbezüglichen Aufgaben geradezu unentbehrlichen Behelf bieten. Die Aufstellung und Einrichtung solcher Tafeln soll im folgenden Abschnitte behandelt werden.

1. Bestimmung des laufenden oder periodischen Zuwachses und des Zuwachsprozentes im Bestande.

a. Durch spezielle Ermittelung am Bestande selbst. Ist eine genaue Zuwachsberechnung schon für den Einzelstamm, wie wir gesehen haben, nur durch das ziemlich umständliche Sektionsverfahren ausführbar, so wäre die vollkommen genaue Ermittelung des ein- oder mehrjährigen Zuwachses für einen ganzen Bestand eine kaum zu lösende Aufgabe, weil einerseits keine Stammklasse für den Zuwachs des ganzen Bestandes und auch kein Einzelstamm für den Zuwachs seiner Klasse als sicher massgebend bezeichnet werden kann, und weil anderseits neben dem Zuwachse der verbleibenden Stämme im Bestande stets auch ein Zuwachsabgang, oder richtiger ein Verlust an Holzmasse durch das Ausscheiden einzelner Stämme des Zwischenbestandes sich ergibt.

Speziell repräsentieren die Bestandes-Mittelstämme wohl die mittlere Stammmasse, nicht aber den mittleren Stammzuwachs des Bestandes, weil die jetzigen Mittelstämme zumeist aus früher dominierenden Stämmen hervorgegangen sind und voraussichtlich weiterhin infolge des Ausscheidens der jeweilig geringsten Stammklasse aus der Mittelklasse in die geringeren Stammklassen zurücktreten werden. Auch die einzelnen Stämme derselben Stammklasse verhalten sich bezüglich ihres Zuwachses oder Zuwachsprozentes zumeist verschieden, weil selbst Stämme von gleicher Stärke oder Masse keineswegs immer den gleichen Zuwachsgang besitzen, vielmehr, wenn nicht sehr gleichartige Entwickelungsbedingungen, wie z. B. in jüngeren Kulturbeständen, gegeben sind, jeder Stamm individuell mehr oder weniger von dem Zuwachsgange der übrigen Stämme abweicht.

Strenge genommen müsste daher für eine genaue Zuwachsbestimmung im Bestande der Zuwachs jedes einzelnen Stammes ermittelt werden; jedenfalls aber wird man für eine wenigstens möglichst annähernde Zuwachsbestimmung sich nicht mit der Ermittelung desselben an wenigen Stämmen begnügen dürfen, sondern diese Ermittelung auf je mehrere Stämme der verschiedenen Stammklassen auszudehnen haben. Am zweckmässigsten erfolgt diese Zuwachsbestimmung mit Hilfe der an den Einzelstämmen ermittelten Zuwachsprozente und es fällt daher die Aufgabe der Bestimmung des laufenden oder periodischen Zuwachses mit jener der Berechnung des Zuwachsprozentes ganzer Bestände zusammen.

Wird mit der Zuwachsbestimmung zugleich auch die Massenermittelung des Bestandes vorgenommen, so wird man die zu letzterem Zwecke gewählten Modellstämme auch für die erstere benützen und die Zuwachsprozente an diesen in der zuwachsrechten Mitte erheben, eventuell, bei geringer Zahl der Modellstämme, diese noch durch einige Erhebungen an stehenden Stämmen ergänzen; im anderen Falle können auch die Zuwachsprozente durchwegs an stehenden Stämmen erhoben werden.

Hätte man in einem Bestande für mehrere Stärkeklassen deren Holzmasse mit M_1, M_2, M_3 ... und das durchschnittliche Zuwachsprozent dieser an je mehreren Stämmen mit p_1, p_2, p_3 ... erhoben, so ist der Zuwachs der einzelnen Klassen für ein Jahr $z_1 = \frac{M_1 p_1}{100}$, $z_2 = \frac{M_2 p_2}{100}$, $z_3 = \frac{M_3 p_3}{100}$ .... und der Gesamtzuwachs des Bestandes $Z =$

$z_1 + z_2 + z_3 + \ldots = \frac{M_1 p_1}{100} + \frac{M_2 p_2}{100} + \frac{M_3 p_3}{100} + \ldots$; das durchschnittliche Zuwachsprozent des Bestandes ergibt sich hieraus mit

$$p = \frac{Z\,100}{M} = \frac{M_1 p_1 + M_2 p_2 + M_3 p_3 + \ldots}{M_1 + M_2 + M_3 + \ldots}$$

Für wenige Jahre kann die Grösse dieses einjährigen Zuwachses Z auch einfach mit der Anzahl der Jahre multipliziert werden; genauer, und für nicht mehr ganz kurze Zeiträume wäre der Zuwachs nach folgendem Verfahren zu berechnen: Soll der Zuwachs für die letzt abgelaufenen n Jahre berechnet werden und sind demgemäss auch die Zuwachsprozente $p_1, p_2, p_3 \ldots$ für diesen Zeitraum erhoben worden, so erhält man die Massen der einzelnen Stärkeklassen vor n Jahren $m_1, m_2, m_3 \ldots$. nach der Pressler'schen Näherungsformel aus

$$m_1 = M_1 \frac{200-np_1}{200+np_1},\quad m_2 = M_2 \frac{200-np_2}{200+np_2},\quad m_3 = M_3 \frac{200-np_3}{200+np_3} \ldots;$$

somit den Zuwachs der n Jahre

$$Z_n = M_1 + M_2 + M_3 + \ldots - (m_1 + m_2 + m_3 + \ldots)$$

und das Zuwachsprozent des Bestandes, wenn wir die Gesamtmasse des jetzigen Bestandes mit M, jene des früheren mit m bezeichnen,

$$p = 100\left(\sqrt[n]{\frac{M}{m}} - 1\right) \text{ oder annähernd } p = \frac{M-m}{M+m} \cdot \frac{200}{n}.$$

Soll aber der Zuwachs oder das Zuwachsprozent der nächsten n Jahre **nach vorwärts** bestimmt werden, so sind die Zuwachsprozente der betreffenden Modellstämme nach deren wahrscheinlichem Stärke- und Höhenzuwachs für die nächsten n Jahre zu berechnen, und man erhält die Masse der einzelnen Stärkeklassen nach n Jahren aus

$$M_1' = M_1 \frac{200+np_1}{200-np_1},\quad M_2' = M_2 \frac{200+np_2}{200-np_2},\quad M_3' = M_3 \frac{200+np_3}{200-np_3} \ldots,$$

den Massenzuwachs für jene n Jahre aus

$$Z_n = M_1' + M_2' + M_3' + \ldots - (M_1 + M_2 + M_3 + \ldots)$$

und das Zuwachsprozent für diesen Zeitraum aus

$$p = 100\left(\sqrt[n]{\frac{M'}{M}} - 1\right) \text{ oder } p = \frac{M'-M}{M'+M} \cdot \frac{200}{n}.$$

Wie schon aus diesen Ausdrücken hervorgeht, kann das einfache arithmetische Mittel der an den Modellstämmen erhobenen Zuwachsprozente keineswegs ohne weiteres als das durchschnittliche Zuwachsprozent des Bestandes genommen werden; für das laufende Zuwachsprozent würde dies dann zulässig sein, wenn $M_1 = M_2 = M_3 \ldots$ ist, d. h. wenn die Stammklassen, für welche die Zuwachsprozente erhoben wurden, gleiche Massen repräsentieren, welcher Forderung auch hier wieder die Verteilung der zu untersuchenden Modellstämme im Sinne des R. Hartig'schen Verfahrens am nächsten kommt. Man wird übrigens auch sonst mit dem arithmetischen Mittel dem wirklichen durchschnittlichen Zuwachsprozente ziemlich nahe kommen, wenn die Erhebung an einer grösseren Zahl von Stämmen erfolgt und dabei hauptsächlich die herrschenden Stammklassen berücksichtigt werden.

Auch im Bestande kann übrigens von der Summierung der Zuwachsprozente der einzelnen Massenfaktoren mit Vorteil Gebrauch gemacht werden, und dürfte dies insbesondere der gangbarste Weg sein, um das laufende Zuwachsprozent des Bestandes zu ermitteln. Der wichtigste und nicht ohne weiteres feststellbare Faktor ist hier das Zuwachsprozent der Gesamt-Stammgrundfläche, welches am einfachsten in der

folgenden Weise erhoben werden kann: Werden an einer Anzahl von Stämmen verschiedener Stärkestufen die Grundstärken $d_1, d_2 \ldots$ und die beiderseitigen Jahrringbreiten $\Delta d_1, \Delta d_2 \ldots$ (letztere als Durchschnitt von je 5 oder 10 Jahren) erhoben, so ist der Grundflächenzuwachs dieser Stämme nach der Breymann'schen Formel

$$Zg = \frac{\pi}{4} d_1^2 \frac{2\Delta d_1}{d_1} + \frac{\pi}{4} d_2^2 \frac{2\Delta d_2}{d_2} + \ldots$$

und das Zuwachsprozent

$$p_g = \frac{z_g\, 100}{g} = \frac{100 \frac{\pi}{4}(2d_1\Delta d_1 + 2d_2\Delta d_2 + \ldots)}{\frac{\pi}{4}(d_1^2 + d_2^2 + \ldots)} = \frac{200(d_1\Delta d_1 + d_2\Delta d_2 + \ldots)}{d_1^2 + d_2^2 + \ldots}$$

oder $p_g = 200 \frac{\Sigma d\Delta d}{\Sigma d^2}$, worin Σ die Summe der Produkte, bezw. Quadrate aller erhobener Durchmesser und Zuwachsbreiten bedeutet. Damit diese Formel auch für den ganzen Bestand gelte, müssen die betreffenden Stämme den Stammzahlen der einzelnen Stärkestufen im Bestande proportional (also nach dem Prinzip des Draudt'schen Verfahrens) vertreten sein, weil dann die obigen Ausdrücke im Zähler und Nenner mit derselben Stammzahl n zu multiplizieren sein würden.

Um also das Grundflächenzuwachs-Prozent eines Bestandes zu ermitteln, hat man an einer Anzahl von Stämmen verschiedener Stärkestufen unter Berücksichtigung der diesen im Bestande zukommenden Stammzahlen die Grundstärken und Zuwachsbreiten zu erheben, und daraus das p_g nach obiger Formel, am übersichtlichsten in der aus dem folgenden Beispiel ersichtlichen Form zu berechnen.

Für die Ermittlung des Höhen- und Formzuwachs-Prozentes gilt dasselbe wie für den Einzelnstamm (vergl. § 48).

Beispiel der Zuwachsermittelung im Bestande.

In einem 130jährigen Buchenbestande wurden an 6 Stämmen (deren Anzahl wurde hier für das Beispiel wesentlich vermindert) folgende Durchmesser und einjährige Zuwachsbreiten gemessen:

Stammzahl	d	Δd	dΔd	d²
1	24.1	0.10	2.41	581
2	29.0	0.12	3.48	841
3	30.5	0.16	4.88	930
4	34.5	0.18	6.21	1190
5	39.1	0.20	7.82	1529
6	49.5	0.30	14.85	2450
		Σ =	39.45	7521

Das Zuwachsprozent der Grundfläche ist demnach $p_g = 200 \frac{39.65}{7521} = 1{,}05\ \%$. Die mittlere Bestandeshöhe ist mit 32.0 m, der durchschnittliche Höhenzuwachs mit 0.125 m gemessen; es ist sonach $p_h = \frac{0.125}{32} 100 = 0.4\ \%$. Eine Formzahländerung ist nicht anzunehmen, daher $p_f = 0$, und somit $p_m = p_g + p_h = 1.05 + 0.4 = 1.45\ \%$.

b. Nach erfahrungsmässigen Zuwachsprozenten. Handelt es sich darum, den Zuwachs von Beständen nur annähernd und zwar für einen kürzeren Zeitraum zu bestimmen, so kann dies auch nach Prozentsätzen, welche uns die Erfahrung über den Zuwachs ähnlicher Bestände an die Hand gibt, erfolgen. Es ist dabei zu beachten:

1. Dass die Zuwachsprozente mit dem Alter der Bestände abnehmen und demnach stets nur für ein bestimmtes Alter oder eine kürzere Zeitperiode Geltung haben, daher auch die Zuwachsbestimmung nach Prozenten nur für kürzere Zeiträume von etwa 10 bis höchstens 20 Jahren und zwar nach dem für die Mitte dieser Zeit geltenden Prozente erfolgen soll;

2. dass die Zuwachsprozente um so rascher abnehmen, je schneller sich die Stämme an Stärke und Masse entwickeln, daher Bestände von geringerer Bonität und

langsamerer Entwickelung bei gleichem Alter in der Regel grössere Zuwachsprozente haben als die Bestände in den besten Standorten;

3. dass dem lichteren Bestande unter sonst gleichen Verhältnissen ein höheres Zuwachsprozent zukommt als dem dichter bestockten; die für geschlossene Bestände erhobenen oder aus Normal-Ertragstafeln entnommenen Zuwachsprozente sind demnach bei der Anwendung auf lichtere Bestände entsprechend zu erhöhen.

Die Bemessung des Zuwachses nach erfahrungsmässigen Zuwachsprozenten findet insbesondere in jenen Fällen Anwendung, in welchen die Zuwachsgrösse nicht direkt den Ertragstafeln entnommen werden kann, für den Zuwachs in Lichtschlägen oder an Ueberhaltsstämmen, für das Oberholz im Mittelwalde u. dgl. Eigene Zuwachsprozenttafeln, welche diese Prozente für die einzelnen Altersstufen angeben, wurden von Cotta, G. L. Hartig, Burckhardt, Grebe u. s. w. aufgestellt.

c. Nach Ertragstafeln. Da die Ertragstafeln den Wachstumsgang der Bestände darstellen, so kann aus denselben der Zuwachs eines Bestandes nicht nur für kurze, sondern auch für längere Zeiträume entnommen werden, vorausgesetzt, dass die Wachstumsverhältnisse des Bestandes mit den in der Tafel zugrunde gelegten Verhältnissen wenigstens annähernd übereinstimmen. Dies wird bei Lokalertragstafeln eher zu erwarten sein als bei allgemeinen, und es sind daher für die Zuwachsbestimmung solche Tafeln, welche für die Wachstums- und Wirtschaftsverhältnisse eines bestimmten Gebietes aufgestellt sind, jenen vorzuziehen, welche den Zuwachsgang der Bestände ganz allgemein, also nach grossen Durchschnitten, zum Ausdruck bringen. Selbst gegenüber lokalen Ertragstafeln werden die einzelnen Bestände in ihrem wirklichen Zuwachse vielfach von dem dort dargestellten normalen Zuwachsgange sich verschieden verhalten, und es eignet sich diese sehr einfache und bequeme Art der Zuwachsbestimmung daher auch besser für die Bestimmung des Gesamtzuwachses mehrerer Bestände (z. B. aller haubaren Bestände einer Betriebsklasse), in welchem Falle die Gesamtziffer des Zuwachses ziemlich richtig erhalten werden wird, während beim Einzelbestande bedeutende Differenzen sich ergeben können.

Um nach einer Ertragstafel den Zuwachs irgend einer vorliegenden Zeitperiode für einen Bestand zu bestimmen, muss 1. dessen Standortsklasse bestimmt, 2. das Verhältnis seiner Bestockung (Bestandesdichte) zu der in der Tafel angenommenen Normalbestockung festgestellt werden und 3. das gegenwärtige Alter des Bestandes bekannt sein.

ad 1. Für die Einreihung des Bestandes in eine der Standortsklassen der Ertragstafel dient bei älteren Beständen, wenn deren Holzmasse erhoben wurde, diese, sonst aber hauptsächlich die Bestandeshöhe als Anhalt; bei jüngeren Beständen wird die Beurteilung der Standortsverhältnisse und die Vergleichung derselben mit jenen benachbarter älterer Bestände, deren Standortsgüte bereits gegeben ist, zu Hilfe genommen werden müssen. Fällt der betreffende Bestand nach seiner Masse oder Höhe in die Mitte zwischen zwei Standortsklassen der Tafel, so ist auch der Zuwachs nach dem Mittel desjenigen der beiden betreffenden Standortsklassen zu nehmen.

ad 2. Bei nicht vollbestockten Beständen wird meist der Zuwachs gegenüber dem Ansatze der Ertragstafel in demselben Verhältnisse reduziert, als die Holzmasse gegen die normale geringer ist; es ist dies jedoch nicht ganz richtig, da dem lichteren Bestande, sofern nicht der Zuwachs sonst nachteilig beeinflusst wird, ein höheres Zuwachsprozent zukommt als dem dichtbestockten, daher auch der Zuwachs eines Bestandes, dessen Bestockung der Masse nach z. B. 0.75 der normalen beträgt, immerhin mit 0.8 bis 0.85 des normalen genommen werden kann.

d. Nach dem Alters-Durchschnittszuwachse. Für alle Bestände, welche nahe dem sog. forstlichen Haubarkeitsalter, d. i. dem Alter ihres grössten

durchschnittlichen Zuwachses stehen, kann, da in diesem Alter der laufende Zuwachs dem durchschnittlichen gleich ist, zur Bemessung des ersteren für kurze Zeit (etwa bis zu 10 Jahren) der jetzige Alters-Durchschnittszuwachs $\frac{M_a}{a}$ als jährlicher Zuwachs genommen werden. Es ist dies ein sehr einfaches und für die Praxis meist ausreichend genaues Verfahren für die Zuwachsaufrechnung bei solchen älteren Beständen.

2. Bestimmung des Haubarkeits-Durchschnittszuwachses für ganze Bestände.

Bei allen Beständen, welche dem Haubarkeitsalter nahe stehen, kann wieder der jetzige Alters-Durchschnittszuwachs $\frac{M_a}{a}$ auch als Haubarkeits-Durchschnittszuwachs genommen werden, da der Durchschnittszuwachs sich überhaupt in geringerem Masse ändert als der laufende, bei seiner Kulmination durch längere Zeit nahezu gleich bleibt und auch nach diesem Zeitpunkte nur langsam abnimmt. Nur bei überalten Beständen mit bereits sehr geringem Zuwachse müsste, wenn solche noch längere Zeit stehen bleiben sollten, die Abnahme des Durchschnittszuwachses berücksichtigt werden.

Für jüngere oder noch ganz junge Bestände wird der Haubarkeits-Durchschnittszuwachs am besten nach Ertragstafeln, durch Einschätzung der Standortsklasse und Beurteilung der voraussichtlichen Bestockung bis zur Zeit der Hiebsreife, bestimmt. In letzterer Beziehung ist zu beachten, dass lichtere und selbst lückige Jungbestände zwar weniger Zwischennutzungserträge geben, aber im Hauptbestande bis zum Hiebsalter ganz oder nahezu normale Bestockung erreichen können, und dass umgekehrt ganz vollkommene jüngere Bestände diese Vollkommenheit nicht immer bis zu ihrer Hiebsreife erhalten.

Sollten geeignete Ertragstafeln fehlen, so kann der Haubarkeits-Durchschnittszuwachs der Jungbestände auch nach jenem der nächststehenden älteren Bestände beurteilt werden.

3. Ermittelung des Zuwachsganges eines Bestandes für die ganze Lebensdauer.

Durch die Ausführung der Stammanalyse an mehreren Mittelstämmen oder besser an den Modellstämmen der verschiedenen Stammklassen eines älteren Bestandes kann man den Entwicklungsgang des jetzigen Hauptbestandes genau kennen lernen; damit sind jedoch für frühere Altersstufen nur die Holzmassen, Höhen etc. der jeweils stärksten Stammklasse, aus welcher der jetzige Bestand zumeist hervorgegangen ist, nicht aber die Massen, Höhen u. s. w. des ganzen jeweiligen Hauptbestandes gegeben, da uns die Stammzahlen, die Dimensionen der inzwischen ausgeschiedenen Stammklassen und damit auch die Stärke und Höhe des jeweiligen Mittelstammes für die früheren Altersstufen unbekannt bleiben.

Durch die Stammanalyse kann also nur der Zuwachsgang der Einzelstämme sowie jener des schliesslichen Haubarkeitsbestandes, nicht aber der Entwickelungsgang des ganzen Bestandes nach Stammzahl, Stammgrundfläche, Holzmasse u. s. w. bestimmt werden. Diese letztere Aufgabe kann, wenn die individuelle Entwickelung eines bestimmten Bestandes erhoben werden soll, nur durch fortgesetzte Beobachtung, bezw. zeitweilige wiederholte Aufnahme desselben während seiner ganzen Lebensdauer, für die durchschnittliche Entwickelung von Beständen einer bestimmten Kategorie aber auch durch gleichzeitige Aufnahme mehrerer solcher Bestände verschiedenen Alters gelöst werden, welche letztere Aufgabe übrigens mit der im folgenden Abschnitte zu behandelnden Aufstellung von Ertragstafeln zusammenfällt.

§ 51. Anwendung der einzelnen Methoden je nach dem Zwecke der Zuwachsermittelung.

Die Zuwachsbestimmung für ganze Bestände erfolgt in den meisten Fällen für Zwecke der Forsteinrichtung, und zwar hat dieselbe hier entweder als Grundlage der Ertragsberechnung oder zur Ermittelung der Abtriebserträge der Bestände, oder endlich zur Beurteilung der Hiebsreife derselben zu dienen.

a. Der Ertragsberechnung nach einer der bekannten Formel- oder Normalvorratsmethoden wird meistens der Haubarkeits-Durchschnittszuwachs aller Bestände, seltener deren gegenwärtiger (laufender) oder der periodische Zuwachs für einen bestimmten Zeitraum zugrunde gelegt. In beiden Fällen handelt es sich nicht um möglichst genaue Bestimmung des Zuwachses für jeden einzelnen Bestand, sondern um die Grösse des Gesamtzuwachses aller Bestände einer Betriebsklasse, und es ist daher vollkommen berechtigt, hier die Zuwachsansätze, soweit sich dieselben nicht von selbst aus der vorhandenen Holzmasse ergeben, nach dem in der Ertragstafel niedergelegten durchschnittlichen Zuwachsgange der Bestände zu nehmen. Nur den Haubarkeits-Durchschnittszuwachs der dem Nutzungsalter nahestehenden Bestände wird man selbstverständlich direkt nach deren gegenwärtigem Alters-Durchschnittszuwachse $\frac{M_a}{a}$ beziffern; für alle jungen Bestände wird derselbe, wie auch der laufende oder periodische Zuwachs aller Bestände für diesen Fall, mit Berücksichtigung ihres Standortes und Bestockungsgrades zumeist den Ertragstafeln entnommen.

b. Für die Bestimmung der Abtriebserträge haubarer oder überhaupt jener Bestände, welche in den nächsten 10—20 Jahren zur Nutzung bestimmt sind, ist der Zuwachs der nächsten 5—10 oder auch 15 Jahre zu der jetzigen Holzmasse hinzuzurechnen. Die Berechnung dieses Zuwachses kann nun entweder nach speziell in den einzelnen Beständen erhobenen Zuwachsprozenten oder auch nach erfahrungsmässigen solchen Prozenten, für Bestände, welche dem Alter des grössten Durchschnittszuwachses nahestehen, auch mit Aufrechnung ihres jetzigen Alters-Durchschnittszuwachses, oder endlich auch für alle Bestände nach den Zuwachsansätzen einer Ertragstafel erfolgen.

Da auch hier in der Regel mehr die Gesamtziffer des Abtriebsertrages aller hiebsreifen Bestände in Betracht kommt und auch die Grösse des Zuwachses gegenüber der vorhandenen Holzmasse meist gering ist, so kann von der speziellen Erhebung des Zuwachses in allen Beständen in den meisten Fällen Umgang genommen und können statt dessen die Ansätze von Zuwachsprozent- oder Ertragstafeln benützt werden. Handelt es sich aber um verlässliche Bestimmung des Abtriebsertrages eines einzelnen Bestandes, so ist die wirkliche Zuwachsermittelung durch Erhebung des Zuwachsprozentes an mehreren Stämmen vorzuziehen.

c. Bei einigen Ertragsregelungs-Methoden sind auch die Abtriebserträge jüngerer Bestände, oder selbst aller Bestände bis zu den jüngsten Kulturen herab, zu bestimmen. Es ist also hier der Zuwachs für längere Zeiträume bis selbst nahezu einer ganzen Umtriebszeit voraus zu bestimmen, was nur mit Hilfe von Ertragstafeln erfolgen kann.

d. Die Beurteilung der Hiebsreife eines Bestandes nach dessen Zuwachs- oder Weiserprozent kann nur nach dessen tatsächlicher und individueller Zuwachsleistung und nicht nach dem Verhalten des normalen Durchschnittsbestandes erfolgen; die Verwendung allgemeiner oder aus Ertragstafeln berechneter Zuwachsprozente ist daher für diesen Zweck nicht zulässig, sondern es sind dieselben für jeden Bestand nach dem in Punkt 1 a des vorigen § entwickelten Verfahren speziell zu erheben.

VI. Aus der Zuwachslehre.

§ 52. Entwickelungsgang des Einzelstammes [77]). Durch die Stammanalyse oder durch fortgesetzte Beobachtung der Stämme während ihres Wachstums kann der Entwickelungsgang einzelner Stämme erforscht und festgestellt werden; erfolgt dies für eine grössere Zahl von Stämmen der verschiedenen Holzarten, welche unter sonst gleichen Verhältnissen erwachsen sind, so gelangen in den Durchschnittswerten der einzelnen Entwickelungsreihen für jede Holzart, da durch die grössere Zahl der Beobachtungen die individuellen Schwankungen ausgeglichen werden, die Wachstumsgesetze der betreffenden Holzarten für die zugrunde gelegten äusseren Verhältnisse zum Ausdruck; und durch Ausdehnung dieser Untersuchung auf verschiedene Standortskategorien und Bestandesverhältnisse erlangen wir zugleich die Kenntnis des Einflusses, welchen diese Faktoren auf den Entwickelungsgang der Stämme bei den einzelnen Holzarten ausüben.

Es möge nun im folgenden versucht werden, diese Entwickelungsgesetze des Einzelstammes nach dem dermaligen Stande unserer Kenntnis hierüber in Kürze darzustellen.

Die Bildung und weitere Entwickelung unserer Baumstämme erfolgt bekanntlich in der Weise, dass durch die Bildungstätigkeit des Cambiums während der Vegetationsperiode zunächst auf den kleinen Holzkegel des einjährigen Stämmchens und dann weiterhin auf den bereits gebildeten Holzkörper alljährlich eine neue Holz- und Rindenschichte mantelförmig sich auflagert, wodurch eine jährliche Stärkezunahme des Stammes und der Aeste in ihrem ganzen Umfange gegeben ist, während zugleich durch die Entwickelung der Längstriebe die jährliche Höhenzunahme des Stammes und die Ausbreitung der Baumkrone erfolgt. In ähnlicher Weise erfolgt die Zunahme und Verbreitung des Wurzelsystemes im unterirdischen Stammteile.

Für uns kommt hauptsächlich der eigentliche Stamm oder Baumschaft, als der wertvollste Teil des ganzen Baumes, in Betracht, dessen Massenzuwachs sich aus der Zunahme der Stammhöhe, der Grundstärke oder Grundfläche und der Formentwickelung ergibt, daher auch der Höhenzuwachs, der Grundstärken- oder Grundflächenzuwachs und die Formänderung der Stämme speziell zu betrachten sein werden.

Der Wachstumsgang ist nun nach allen diesen Richtungen zunächst bei den einzelnen Holzarten, dann aber auch für dieselbe Holzart je nach der Entstehungsweise (ob Samenpflanzen oder durch Stockausschlag, durch Stecklinge u. dgl. entstanden), je nach Standortsverhältnissen und je nach dem Standraum (ob im Freistande, in lichterem oder dichterem Bestandesschlusse) sehr wesentlich verschieden.

Allgemein zeigen Ausschlagpflanzen gegenüber den Samenpflanzen eine viel

77) Aus der zumeist in Zeitschrifts-Aufsätzen zerstreuten Litteratur über den Wachstumsgang der Baumstämme seien hier namhaft gemacht: Pressler, Das Gesetz der Stammbildung etc. Leipzig 1865 und Zur Forstzuwachskunde, Dresden 1868; H. Nördlinger, Der Holzring als Grundlage des Baumkörpers, Stuttgart 1871; R. Hartig, Ueber das Dickenwachstum der Waldbäume, Z. f. F. u. J. 1871 und Das Holz der deutschen Nadelwaldbäume, Berlin 1885; Th. Nördlinger, Zuwachs und Zuwachsprozent, A. F. u. J.Z. 1884; v. Guttenberg, Die Wachstumsgesetze des Waldes, Wien 1885 und Vergleichung des Wachstumsganges der Buche, Fichte Tanne und Kiefer etc. Oe. V. f. F. 1885. Dr. Metzger, Studien über den Aufbau der Waldbäume und Bestände nach statischen Gesetzen. Mündener forstliche Hefte 5., 6. und 7. Heft. Analytische Untersuchungen über die Zuwachskurven hat zuerst Assistent E. L. Koller in der Oe. V. f. F. 1886 veröffentlicht. Die ausführlichste Bearbeitung der Zuwachslehre ist in Dr. Webers Lehrbuch der Forsteinrichtung (Berlin 1891) enthalten, worin auch Formeln für die gesetzmässige Entwicklung der einzelnen Faktoren der Stamm- und Bestandesmasse aufgestellt sind.

raschere Entwickelung in der ersten Jugend; ihr Höhen- und Stärkezuwachs ist häufig schon im ersten Jahre am grössten, während der Zuwachs von Samenpflanzen im ersten Jahre nach beiden Richtungen meist nur sehr gering ist; erstere lassen jedoch in dieser Zuwachsleistung viel früher nach und dieselbe sinkt überhaupt im späteren Alter auf ein geringeres Mass als dies bei Samenpflanzen unter sonst gleichen Verhältnissen der Fall ist. Es bleibt daher auch, wo Ausschlagpflanzen für die höheren Umtriebe des Hochwaldes übergehalten werden, deren Gesamtzuwachsleistung gegen jene von aus Samen entstandenen Stämmen und Beständen zurück [78]).

Unsere weiteren Ausführungen gelten hauptsächlich für die Entwickelung der aus Samen erwachsenen Bäume.

1. Gang des Höhenwachstums.

Der Höhenzuwachs ist bei Samenpflanzen unserer einheimischen Holzpflanzen in den ersten Jahren stets nur ein geringer, nimmt aber etwa vom 3ten bis 5ten Jahre ab rasch zu, so dass z. B. bei der Kiefer und Lärche bereits mit dem 10ten bis 15ten Jahre, bei der Fichte durchschnittlich im 20ten bis 25ten Jahre, bei der Tanne und Buche im 25sten bis 30sten Jahre bereits der grösste jährliche Höhenzuwachs erreicht wird. Auf dieser Grösse des Maximalbetrages erhält sich jedoch der Höhenzuwachs in der Regel nur kurze Zeit; er sinkt vielmehr von der gegebenen Zeit ab bei den ersteren Holzarten ziemlich rasch, bei den letzteren langsamer bis zu einem gewissen Betrage von etwa 7—10 Zentimeter pro Jahr, auf welcher Grösse er sich dann durch längere Zeit ziemlich gleichbleibend erhält. (Vergleiche die beiden oberen Kurven in Figur 50, in welcher die Alter als Abszissen, die zugehörigen Grössen des jährlichen Höhenzuwachses als Ordinaten aufgetragen sind, und welche somit den Gang des Höhenzuwachses graphisch darstellt.)

Ein ganz oder nahezu vollständiges Aufhören des Höhenzuwachses tritt unter sonst entsprechenden Wachstumsverhältnissen erst in sehr hohem Alter ein; am ersten bei der Kiefer und bei mehr freistehenden Laubhölzern infolge ihrer Kronenausbreitung; am spätesten bei der Tanne und Fichte, bei welcher letzteren Holzart, speziell in Gebirgsforsten, sich der Höhenzuwachs über das 200ste Jahr hinaus auf ziemlich gleicher Grösse erhält. Auch die Buche erhält sich im Bestande bis in das Alter von 150 bis 160 Jahren noch immer in ziemlich gutem Höhenzuwachs.

In der absoluten Grösse des Höhenzuwachses ist in der ersten Jugend die Kiefer und Lärche, späterhin aber die Fichte den anderen Holzarten unter sonst gleichen Verhältnissen voraus; Buche und Tanne bleiben gegen diese in der ersten Jugend beträchtlich in der Höhe zurück, vermögen jedoch durch ihren späterhin mehr aushaltenden Höhenzuwachs speziell die Kiefer zu überholen.

Auf die absolute Grösse des Höhenzuwachses sowohl als auch auf den Gang desselben sind übrigens die Standortsverhältnisse von massgebendem Einflusse. Der jährliche Höhenzuwachs erreicht um so früher sein Maximum, sinkt aber auch um so rascher wieder, je besser der Standort ist; auf geringem Standorte, insbesondere in den Hochlagen der Gebirgsforste, bleibt dagegen der Höhenzuwachs, sobald er einmal eine gewisse Grösse erreicht hat, durch die ganze Lebensdauer des Baumes nahezu gleich. (Vergl. Figur 50, welche den Höhenzuwachs der Fichte für die beste, mittlere und geringste Bonität der Hochgebirgsforste darstellt.)

Die absolute Grösse des Höhenzuwachses in den besten Standorten übertrifft jene der geringsten Standorte in der Jugend und im mittleren Bestandesalter um ein vielfaches; im späteren Alter aber sinkt die erstere nicht selten sogar unter die letztere

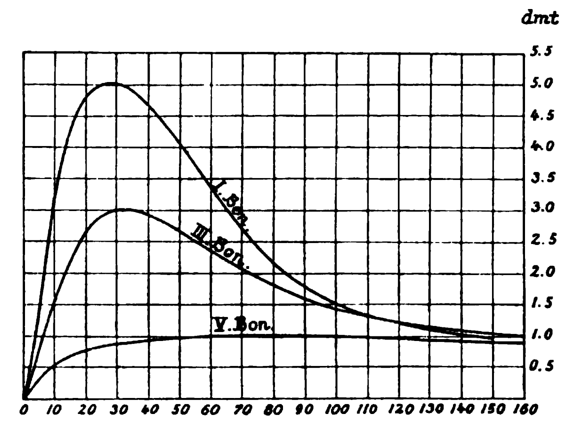
---

78) Vergl. Th. Nördlinger, Zuwachs und Zuwachsprozent.

herunter oder wird ihr wenigstens nahezu gleich. Die Gesamthöhe der Stämme ist dabei in haubaren Beständen bester Bonität immerhin noch 2—3mal so gross als in jenen der geringen Standorte.

So erreichen in den Fichtenbeständen des Hochgebirges die Stämme der besten Standortskategorie im Alter von 120 Jahren eine Höhe von 36 Metern, in den mittleren Standorten eine solche von 24 Metern, in der geringsten aber bei gleichem Alter nur eine Höhe von 12 Metern, wobei das Maximum des jährlichen Höhenzuwachses für diese drei Bonitätsstufen (im Durchschnitte ganzer Bestände genommen) 0.5, 0.3 und 0.1 Meter beträgt. Die Buche erreicht nach Baur [79]) mit 120 Jahren in der I. Bonität eine Höhe von 32 Meter, in der V. Bonität eine solche von 18 Metern; die Kiefer nach Weise [80]) mit 100 Jahren im Mittel der I. Bonität eine Höhe von 28 und in der V. Bonität eine solche von 14 Metern.

Fig. 50.



Ueber den Einfluss des Standraumes auf den Höhenzuwachs wurde, entgegen der früher vielfach verbreiteten Ansicht, dass der Höhenzuwachs durch den Bestandesschluss gefördert werde, in neuerer Zeit von mehreren Seiten nachgewiesen [81]), dass durch den Bestandesschluss nicht nur der Stärke- sondern auch der Höhenzuwachs, letzterer jedoch in geringerem Masse als ersterer, vermindert werde. Dieser Einfluss wird erst dann ein bedeutender, wenn der Stand der Stämme ein gedrängter ist, und steigert sich bei bereits überschirmten Stämmen bis zum gänzlichen Aufhören des Höhenzuwachses.

2. Der Grundstärken- und Grundflächenzuwachs.

Würde man den Stärkezuwachs ganz am Stammgrunde, von der 1jährigen Kernpflanze an, feststellen, so würde sich für denselben ein ähnlicher Verlauf wie für den Höhenzuwachs ergeben, d. h. ein rasches Steigen der Zuwachsbreite von dem geringen Betrage des erstjährigen Zuwachses an und eine meist noch früher als beim Höhenzuwachse eintretende Kulmination dieser Zuwachsgrösse. Wir betrachten jedoch als Grundstärke der Stämme jene in der gewöhnlichen Messhöhe derselben von 1.3 Metern, in welche Höhe die Stämme erst mit einem gewissen Alter, welches je nach Umständen zwischen 5—15 und selbst mehr Jahren schwankt, eintreten. Die Kurve des Stärke- und ebenso jene des Grundflächenzuwachses beginnt daher nicht wie jene des Höhenzuwachses im Nullpunkte des Axensystems, sondern erst bei dem genannten Zeitpunkte, wo die Stämme der betreffenden Kategorie durchschnittlich diese Messhöhe erreichen. In diesem Zeitpunkte hat der Stärkezuwachs bei den raschwüchsigen Holzarten wie Lärche, Kiefer und auch Fichte und bei normaler Entwickelung bereits seinen grössten Betrag erreicht; der Stärkezuwachs beginnt daher mit einem Maximum oder erreicht dieses bald; er nimmt dann je nach Holzart und Standort anfangs mehr oder weniger rasch, späterhin langsamer ab, und erhält sich bei entsprechender Zuwachspflege weiterhin auf nahezu gleicher Grösse.

79) Baur, Die Rotbuche in bezug auf Ertrag, Zuwachs und Form; Berlin 1881.

80) Weise, Ertragstafeln für die Kiefern; Berlin 1880.

81) Vergl. des Verfassers „Ueber den Einfluss des Bestandesschlusses auf den Höhenzuwachs und die Stammform". Oe. V. f. F. 1885. Seite 103 und „Zuwachsleistungen und Zuwachsgang in Fichtenpflanzbeständen". Oe. V. f. F., 1888. Seite 117.

Diesem Verlaufe des Grundstärkenzuwachses entspricht, da der Kreis, um welchen sich diese Zuwachsbreiten anlegen, fortwährend und speziell in der Jugend sehr rasch sich vergrössert, selbstverständlich ein wesentlich verschiedener Verlauf des Grundflächenzuwachses. Dieser beginnt mit einer sehr geringen Grösse, steigt dann mehr oder weniger rasch an, um sich auf einer gewissen Höhe entweder dauernd zu erhalten oder langsam wieder abzunehmen. Dieser Gang des Stärke- und Flächenzuwachses wird übrigens durch den mehr oder minder dichten Schluss des Bestandes in grösstem Masse beeinflusst und daher auch je nach dem wechselnden Standraume vielfach modifiziert. Ein engerer Schluss im höheren Bestandesalter bewirkt ein baldiges und stärkeres Sinken des Grundflächenzuwachses im Einzelstamme, während bei freierem Stande sich derselbe bis über das gewöhnliche Haubarkeitsalter steigend oder doch auf gleicher Höhe erhält. Aehnlich zeigt sich der Einfluss des Standortes, indem auf den besten Standorten auch der Grundflächenzuwachs ziemlich rasch (etwa mit dem 40.—50. Jahre) seinen grössten Betrag erreicht und von da wieder abnimmt, während derselbe in den geringeren Standorten langsamer, aber bis in hohes Alter fortdauernd ansteigt.

Die Mittelstämme von Fichtenbeständen des Hochgebirges erreichen dabei mit 120 Jahren in den besten Standorten eine Grundstärke von 40 cm, in den geringsten Standorten von 20 cm; für die Mittelstämme von Buchenbeständen ergibt sich aus Baur's Ertragstafeln für diese Holzart gleichfalls für das Alter von 120 Jahren in der I. Bonität eine Grundstärke von 35 cm, für die V. Bonität eine solche von $20^{1}/_{2}$ cm. Der Einfluss des Standortes ist daher in den Stammhöhen schärfer ausgeprägt, als in dem Unterschiede der Grundstärken; wogegen auf letztere der Einfluss des Standraumes ein bedeutenderer ist.

3. Die Formentwickelung der Stämme ist von dem Verhalten des Stärke- bezw. Flächenzuwachses in den verschiedenen Stammhöhen und dieses wieder hauptsächlich von dem Standraume und der damit zusammenhängenden Beastung oder Kronenausbildung abhängig.

Bei den im Bestande erwachsenen Bäumen ist der Stärkezuwachs oder die Jahrringbreite im allgemeinen gegen den Gipfel zu am grössten, nimmt von da abwärts bis zum Stammfusse ab, im Stammfusse selbst aber bis zum Stammgrunde wieder zu; es ist demnach an einer Stelle des unteren Stammteiles die Jahrringbreite am kleinsten, welche Stelle bei jungen Stämmen ganz nahe dem Stammgrunde liegt, mit zunehmendem Alter und mit der Ausbildung des sogenannten Wurzelanlaufes der Stämme aber höher hinaufrückt. Bei haubaren Stämmen kommt dieselbe meist schon über der gewöhnlichen Messhöhe von 1.3 m, bei sehr alten und mehr frei stehenden Stämmen selbst in einer Höhe von 4 bis 8 Meter über dem Stammgrunde zu liegen; diese Zunahme der Jahrringbreiten im untersten Stammteile oder die Verbreiterung des Stammfusses wird eben durch freieren Stand des Stammes wesentlich erhöht.

Die Zunahme der Jahrringbreiten vom Stammfusse aufwärts ist grösser in den bessern Standorten und bei engerem Schluss der Stämme, also bei hoch angesetzten Baumkronen; geringer in den schlechteren Standorten und bei dominierenden oder frei erwachsenen Stämmen; ferner grösser, besonders in der obersten Stammpartie, bei Stämmen von noch lebhaftem Höhenzuwachs, während bei geringem oder nahezu fehlendem Höhenzuwachs auch die Jahrringe gegen den Gipfel zu wieder schmäler werden.

Bei freistehenden und tief beasteten Stämmen bleibt die Jahrringbreite vom Stammfusse aufwärts entweder ziemlich gleich, oder sie ist sogar durchwegs nach oben etwas abnehmend.

Durch dieses Verhalten des Stärkezuwachses ist die Formausbildung des Stammes, die Zu- oder Abnahme der Vollholzigkeit bedingt. Ganz junge Stämme, welche, insolange sie noch ziemlich freien Standraum haben, auch tief beastet sind, haben meist

eine kegelförmige Gestalt, ihre absolute Formzahl beträgt etwa 0.30 bis 0.35; mit dem Eintritte des Schlusses und mit dem Hinaufrücken der Baumkrone nehmen sie rasch an Vollholzigkeit zu, ihre absolute Formzahl steigt, je nach Holzart und sonstigen Verhältnissen, auf einen Betrag von etwa 0.44 bis 0.48, nimmt aber im höheren Alter infolge der dann bis über die Messhöhe hinaufreichenden Verbreiterung des Stammfusses wieder, und zwar zumeist nur ganz langsam, ab. Diese Abnahme der Formzahl tritt früher ein bei der Lärche und Kiefer, später (etwa im 80. bis 100. Jahre) bei der Fichte, noch später und in geringerem Masse bei der Tanne und Buche; ferner früher und stärker bei mehr freistehenden Stämmen, insbesondere aber nach plötzlicher Freistellung bisher im Schlusse gestandener Stämme, als bei vollkommen erhaltenem Bestandesschlusse. Stämme, welche in freiem Stande erwachsen sind, also meist eine tief angesetzte, nach unten zu sehr starke Beastung besitzen, zeigen eine sehr abholzige Schaftform und eine beträchtliche, mehrere Meter hoch hinaufreichende Verbreiterung des Stammfusses; ihre Formzahl bleibt daher stets eine sehr niedere.

Auf guten Standorten werden die Stämme unter sonst gleichen Verhältnissen vollholziger als auf geringen.

Die Grösse des Flächenzuwachses und damit auch die Verteilung der Massenablagerung in den verschiedenen Höhen des Stammes verhält sich aus naheliegenden Gründen wesentlich anders als jene des Stärkezuwachses. Der Flächenzuwachs ist, im Gegensatz zu letzterem, stets am Stammgrunde am grössten, nimmt von da, soweit der Stammfuss reicht, ziemlich rasch, dann im eigentlichen Schafte bis zur Krone meist nur wenig ab, bisweilen sogar gegen die Krone zu wieder eine Erhöhung aufweisend, und sinkt dann in der Krone selbst ziemlich rasch auf den geringen Betrag der Querfläche des letzten Jahrestriebes herab.

Auf diese Verteilung der Massenablagerung nimmt der mehr oder weniger freie Stand des Stammes wesentlichen Einfluss; bei im engen Schluss stehenden oder bereits unterdrückten Stämmen erfolgt dieselbe mehr im oberen Stammteile und ist oberhalb des Stammfusses mit oft kaum 0.1 mm Zuwachsbreite sehr klein oder fast ganz verschwindend, bei frei erwachsenen oder später frei gestellten Stämmen ist dagegen die Massenablagerung hauptsächlich nach dem Stammgrund zu gerichtet. Bei im Schlusse stehenden Stämmen der besseren Standorte ist der Flächenzuwachs vom Stammfusse bis zur Krone nahezu gleich, bei lichter stehenden und ebenso bei Stämmen auf geringeren Standorten aber im ganzen Stamme nach oben abnehmend.

Eine Erklärung der Formausbildung der Stämme und des Verhaltens des Flächenzuwachses in verschiedenen Stammhöhen hat zuerst Pressler in seinem „Gesetz der Stammbildung“ auf physiologischer Grundlage gegeben, indem er die Form und Formzahl des Stammes als eine Funktion seiner Krone und den Flächenzuwachs als in allen Punkten des Stammes von dem oberhalb befindlichen Blattvermögen abhängig betrachtet; diese Annahme genügt jedoch nicht zur Erklärung mancher Erscheinungen, namentlich des Verhaltens des Flächen- und Stärkezuwachses nach erfolgter Lichtstellung eines Stammes. Dr. Metzger führt a. a. O. die Formausbildung der Stämme auf rein statische Gesetze zurück.

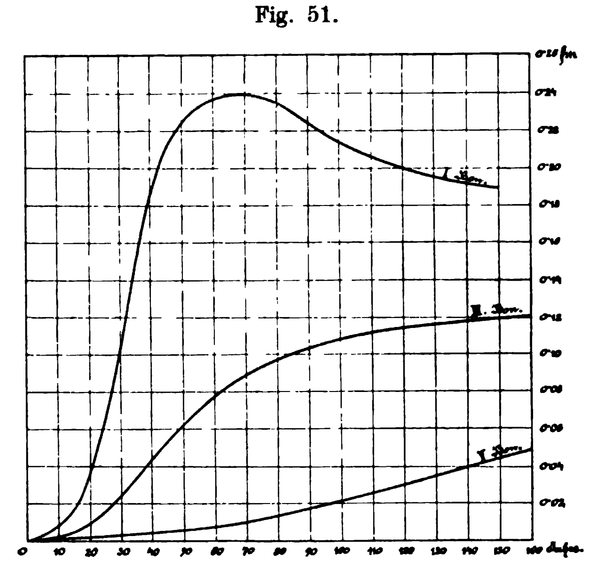
4. Der Massenzuwachs.

Mit der Entwickelung der Stämme nach Höhe, Grundfläche und Form ist auch der Gang ihres Massenzuwachses gegeben; er resultiert aus dem Zusammenwirken der vorgenannten drei Zuwachsfaktoren.

In der Jugend und zwar etwa bis zum 15—20ten Jahre ist der an dem kleinen Stämmchen erfolgende Massenzuwachs trotz der oft schon grossen Jahrringbreiten ein sehr geringer; er kann eben erst dann einen grösseren Betrag erreichen, wenn einerseits die Krone, bezw. das Blattvermögen, zu kräftigerer Entwickelung gelangt ist, und anderseits der Stamm selbst durch seine Höhe und Stärke der Massenablagerung

eine grössere Mantelfläche darbietet. Von dem bezeichneten Alter an steigt der Massenzuwachs rasch bis zu seiner vollen Höhe, welche er bei den raschwüchsigen Holzarten und in den besten Standorten im 50.—70. Jahre, auf geringerem Standorte und bei den in der Jugend langsamer sich entwickelnden Holzarten (Buche und Tanne) im 100.—120. Jahre, in den Hochlagen des Gebirges und bei freierem Stande aber erst in sehr hohem Alter erreicht. Auf dieser Höhe des Maximums erhält sich der Massenzuwachs durch längere Zeit ziemlich gleichmässig, und nimmt dann bei normalen Entwickelungsverhältnissen beträchtlich langsamer, als das Ansteigen erfolgte, wieder ab.

Fig. 51.



Den Einfluss des Standortes auf den Gang und die absolute Grösse des Massenzuwachses im Einzelstamme lässt die Figur 51 deutlich erkennen, welche diesen Zuwachs für Mittelstämme der Fichtenbestände des Hochgebirges und zwar für die beste, mittlere und geringste Standortskategorie, darstellt. Die hier zugrunde gelegten Mittelstämme erreichen im Alter von 120 Jahren auf dem besten Standorte eine Holzmasse von 2 Festmetern, auf dem geringsten Standorte aber bei gleichem Alter erst eine Holzmasse von 0.14 Festmeter.

Es zeigt sich darnach hier ebenso wie bei der Entwickelung der Höhen- und Grundflächen, dass auf den günstigsten Standorten die grösste Wachstumsleistung bereits im jüngeren oder mittleren Stammalter eintritt und selbe späterhin wieder nachlässt, während die Stämme in den geringeren Standorten durch eine sehr langsame Entwickelung in der Jugend und einen bis in hohes Alter stetig ansteigenden, oder wenigstens auf gleicher Höhe aushaltenden Zuwachs ausgezeichnet sind. Der sehr beträchtliche Unterschied in der Gesamtleistung des Zuwachses an Höhe und Holzmasse bei Stämmen bester und geringster Standortsqualität ist demnach hauptsächlich auf die grössere Wachstumsleistung der ersteren in der Jugend und im mittleren Bestandesalter zurückzuführen, während im höheren Alter die Zuwachsgrösse für alle Bonitäten sich nähert, ja speziell der Höhen- und Stärkezuwachs der Stämme bester Bonität nicht selten unter jenen der geringeren Standorte herabgeht.

Uebrigens bedingt es in der Stammentwickelung von Beständen auf geringem Standorte einen wesentlichen Unterschied, je nachdem die geringe Ertragsfähigkeit des Standortes mehr in ungünstigen oder der betreffenden Holzart unzusagenden Bodenverhältnissen, oder — wie dies in der obigen Vergleichung der Fall ist — in der Ungunst der klimatischen Verhältnisse, hauptsächlich in der kurzen Vegetationsdauer der Hochlagen begründet ist. Im ersteren Falle sind die Stämme verschiedener Standortsklassen vorwiegend nur in der Grösse der Wachstums**leistung**, nicht aber im Wachstumsgange wesentlich verschieden [82]).

82) Vergl. z. B. den Massenzuwachs der Mittelstämme I. und IV. Bonität in Verfassers Ertragstafeln für Fichtenbestände in Weitra, O. V. f. F. 1896, Tafel IV.

Die geringere oder grössere Beschränkung des Standraumes, welche der Einzelstamm in seiner Entwickelung im Bestande durch seine Nachbarstämme erleidet, ist selbstverständlich auch auf den Gang des Massenzuwachses von massgebendem Einflusse, und hat das diesbezüglich beim Stärke- und Flächenzuwachs Gesagte auch hier volle Anwendung. Durch beengten Standraum wird überhaupt der Massenzuwachs des Einzelstammes beträchtlich zurückgehalten und wird ein frühzeitiges und rasches Sinken desselben herbeigeführt, während umgekehrt ein schon im Sinken begriffener Zuwachs durch spätere Freistellung des betreffenden Stammes wieder auf beträchtliche Höhe gebracht werden kann (Lichtungszuwachs)[83]. Es ist demnach bei wiederholter Freistellung desselben Stammes in längeren Zeitperioden eine mehrmalige Kulmination des Massenzuwachses ganz wohl möglich.

Der abwechselnd räumlichere oder beengtere Stand desselben Stammes in den verschiedenen Altersperioden bringt es neben den Störungen, welchen der Wachstumsgang auch durch die Einflüsse der Witterung unterliegt, auch mit sich, dass derselbe für den Einzelstamm keineswegs immer einen so regelmässigen Verlauf zeigt, wie solcher in Figur 51 aus einer grösseren Zahl von Stämmen der betreffenden Standortskategorien als das gesetzmässige Durchschnittsverhalten abgeleitet worden ist; vielmehr ist beim Einzelstamme fast immer ein mehr oder weniger beträchtliches Schwanken der Massenzuwachsgrösse in den einzelnen Alters- bezw. Wachstumsperioden zu finden.

Der durchschnittliche Massenzuwachs erreicht beim Einzelstamm, wenn wir von jenen Fällen absehen, in welchen infolge allzu beengten Standraumes der laufende Zuwachs bereits frühzeitig zum Sinken gebracht wird, seinen grössten Betrag in der Regel erst in einem hohen, über das gewöhnliche Benutzungsalter hinausliegenden Alter. Selbst in geschlossenen Beständen wird derselbe für die herrschende Stammklasse nicht vor dem 120. bis 140. Jahre eintreten; bei mehr frei stehenden Stämmen und solchen mit langsamer Jugendentwickelung aber fällt dieser Zeitpunkt noch beträchtlich später und man findet speziell in Gebirgsforsten nicht selten, dass selbst 200—300jährige Stämme ihren grössten Durchschnittszuwachs noch nicht erreicht haben.

Ein Zuwachsabgang, bezw. ein Holzmassenverlust während der Stammentwickelung, tritt beim Einzelstamm nur in ganz untergeordnetem Masse durch das Abstossen der unteren Aeste und eines Teiles der äusseren Rinde ein und kann daher hier füglich ausser Betracht bleiben.

§ 53. Wachstumsgang des Bestandes. Der Entwickelungsgang und die Gesamtzuwachsleistung (die Massenproduktion) der Bestände ist nicht nur nach Holzart und den Standortsverhältnissen, sondern insbesondere auch je nach der Art der Erziehung und der Betriebsweise wesentlich verschieden; dabei wird bei gleicher Holzart durch die Verschiedenheit des Standortes mehr die Zuwachsgrösse, also auch die Grösse der gesamten Massenproduktion, durch die Betriebsart aber mehr der Gang der Bestandesentwickelung, sowohl im ganzen als bezüglich der einzelnen Stämme, beeinflusst.

Der Ausschlagwald folgt einem ganz anderen Zuwachsgesetze als der aus Samenpflanzen entstandene Hochwald, und in diesem wieder ist der Zuwachsgang des Bestandes sowohl als die Entwickelung des Einzelstammes im Plänterwalde von jenem des schlagweise bewirtschafteten, gleichalterigen Hochwaldes ein gänzlich verschiedener.

Ueber den Wachstumsgang des Plänterwaldes liegen eingehende Untersuchungen noch nicht vor, und ebenso fehlen solche noch grösstenteils für den Ausschlagwald[84];

---

83) Vergl. u. a. den vorzitierten Aufsatz „Ueber den Einfluss des Bestandesschlusses auf den Höhenzuwachs etc., insbesondere die Tabellen Seite 106, 107 u. 108.

84) Der Wachstumsgang des Ausschlags- oder Niederwaldes ist, jedoch nur für die Gesamtmasse des Bestandes und nicht für deren Elemente, dargestellt in älteren Ertrags-

dagegen war der Wachstumsgang der gleichalterigen Hochwaldbestände schon früher und speziell in neuester Zeit von seiten der forstlichen Versuchsanstalten der Gegenstand ausgedehnter und sorgfältiger Erhebungen, welche uns in der Form von Ertragstafeln der einzelnen Holzarten vorliegen, und welche uns, wenn sie auch noch keineswegs zu einem endgiltigen Abschluss gebracht sind, doch bereits einen erwünschten Einblick in die Entwickelungsgesetze solcher Bestände gewähren.

Bei der Erziehung in geschlossenen, gleichalterigen Beständen vermag die einzelne Pflanze nur in der ersten Jugend dem Wachstumsgange des freistehenden Baumes zu folgen; sobald die Aeste der Nachbarstämme sich berühren und dann ineinandergreifen, wird die weitere seitliche Entwickelung der Kronen gegenseitig behindert, dadurch der Stärkezuwachs und bei zu engem Schlusse auch der Höhenzuwachs vermindert, anderseits aber durch das Absterben der unteren, überschirmten Aeste und das Hinaufrücken der Baumkrone die Astreinheit und Vollholzigkeit der Stämme gefördert.

Die grosse Zahl von Stämmen, welche aus der natürlichen Verjüngung sich ergibt, oder mit welcher der Forstwirt zur Herstellung eines baldigen Schlusses den Bestand begründet, vermag bei der naturgemässen Ausbreitung der Baumkronen auf der gegebenen Fläche später nicht mehr Raum zu finden, und so entsteht alsbald zwischen den benachbarten Pflanzen ein Kampf ums Dasein, welcher am stärksten wohl vom Zeitpunkte des Kronenschlusses an während der Dauer der grössten Wachstumsenergie des Einzelstammes sich geltend macht, aber auch dann noch, und zwar bei im Schlusse erhaltenen Beständen bis zu deren schliesslichem Abtrieb, andauert. Würden alle Pflanzen des jungen Bestandes sich ganz gleichmässig entwickeln, so müssten, soferne nicht der Forstwirt mit der Entfernung eines Teiles derselben eingreift, auch alle Stämme späterhin gleichmässig in ihrer Entwickelung zurückbleiben; in Wirklichkeit kommt jedoch eine solche gleichmässige Entwickelung nur selten vor, vielmehr erlangen zumeist einzelne Stämme durch günstigere Anlage oder Standortsbedingungen, oder auch durch Altersungleichheit alsbald einen Vorsprung gegen andere, sind dadurch in jenem Kampfe ums Dasein begünstigt, was sodann die gänzliche Unterdrückung und das spätere Ausscheiden der weniger begünstigten Individuen auch auf natürlichem Wege zur Folge hat.

Aus diesem Vorgange ergeben sich mehrere für eine richtige Erkenntnis der Bestandesentwickelung wichtige Konsequenzen, welche hier kurz berührt werden mögen:

a. Die Stammklassenbildung, wie dieselbe schon aus der eben geschilderten ungleichen Entwickelung der einzelnen Stämme hervorgeht, welche Ungleichheit sich noch wesentlich dadurch erhöht, dass den einmal zurückgebliebenen Individuen durch ihre dominierenden Nachbarn der Lichtgenuss beschränkt und weiterhin fast gänzlich entzogen wird. Man kann daher im Bestande fast immer neben der herrschenden Stammklasse und einer diesen Hauptbestand an Höhe und Stärke übertreffenden Klasse vorherrschender Stämme auch eine Klasse von bereits beherrschten und, soferne nicht die Durchforstung mit deren Entfernung zuvorkommt, eine solche von vollkommen unterdrückten (ganz unterständigen) Stämmen unterscheiden, welche beiden letzten Klassen als Nebenbestand bezeichnet und als solcher von dem durch die beiden

---

tafeln, wie in jenen von Feistmantel und in Pressler's Forstlichem Hilfsbuch; über den Zuwachs im Plänterwalde geben Wessely in seinem Werke „Die österreichischen Alpenländer und ihre Forste“ (Seite 296—298) und L. Hufnagl in „der Plänterwald, sein Normalbild, Holzvorrat, Zuwachs und Ertrag“, Oe. V. f. F. 1893, Seite 117, einige Aufschlüsse.

ersten Klassen repräsentierten Hauptbestande getrennt werden. In der herrschenden Stammklasse wird man wieder Stämme mit noch ziemlich freier Krone und solche unterscheiden können, deren Krone von Nachbarstämmen bereits eingeengt ist und welche daher in ihrer vollen Weiterentwickelung bereits wesentlich behindert sind [85]). Es ist selbstverständlich, dass mit der weiteren Bestandesentwickelung stets neue Stämme, die bisher dem Hauptbestande angehörten, sobald sie im Wachstume von ihren Nachbarn überholt werden, in den Nebenbestand übertreten und als solche dann zur Ausscheidung gelangen. Es wird dies hauptsächlich die eben erwähnten Stämme mit bereits wesentlich beengtem Wachsraum betreffen. Daraus ergibt sich

b. die fortwährende Verminderung der Stammzahl des Hauptbestandes.

Die ursprüngliche Stammzahl der Bestände und damit auch die Abnahme derselben in der ersten Jugend ist je nach Art der Bestandesgründung eine sehr verschiedene; bei dichten natürlichen Verjüngungen tritt die grösste Abnahme der Stammzahl schon mit der frühesten Jugend, bei weiteren Pflanzverbänden erst vom Zeitpunkte des Kronenschlusses an ein. Die Stammzahl sinkt im allgemeinen in der Jugend sehr rasch, im späteren Alter nur mehr wenig, und zwar ist diese Abnahme am raschesten bei den Beständen bester Bonität (infolge der rascheren Entwickelung des Einzelstammes), dagegen in der Jugend langsamer, aber bis in höheres Alter in grösserem Masse andauernd bei den Beständen auf geringen Standorten. Den letzteren kommt daher auch bei gleichem Alter stets eine bedeutend höhere Stammzahl zu als den Beständen auf bestem oder gutem Standorte. Die Zahl der nach und nach ausscheidenden Stämme bildet den weitaus grössten Teil der ursprünglich oder im Jungbestande vorhandenen Pflanzen; beträgt deren Zahl z. B. im 20jährigen Alter etwa 5000—6000 pro Hektar, so sind im Haubarkeitsalter meist nur mehr 500—600 Stämme am Hektar, also nur 10 Prozent der ersteren Stammzahl vorhanden, während 90 Prozent vor Erreichung jenes Alters ausgeschieden wurden. Dies hat weiters

c. einen bedeutenden Zuwachsabgang im Bestande, bezw. einen zeitweiligen Verlust an bereits vorhandener Holzmasse zur Folge, welcher dem Zuwachse an den verbleibenden Stämmen entgegenwirkt, den Massenzuwachs im Bestande daher gegen jenen im Einzelstamme verzögert und damit auch bewirkt, dass die Kulmination sowohl des laufenden als des durchschnittlichen Zuwachses im Bestande früher eintreten muss, als dies bei dem Einzelstamme der herrschenden Stammklasse, bezw. den Mittelstämmen des Bestandes der Fall ist.

d. Da sowohl bei dem natürlichen Ausscheidungsprozesse, als auch im Wege der Durchforstung, mit welcher der Forstwirt dem ersteren zuvorkommt, vorwiegend die jeweils geringste Stammklasse aus dem Bestande entfernt wird, so ist damit notwendig eine stete Verschiebung des Bestandes-Mittelstammes in eine der bisher stärkeren Stammklassen verbunden, während umgekehrt der bisherige Mittelstamm mit jedem Ausfalle der geringsten Stammklasse in die geringeren Stammklassen und später sogar in den Nebenbestand zurücktritt.

Wäre z. B. unmittelbar vor einer Durchforstung der Mittelstamm des ganzen Bestandes 25 cm stark, so würde, nachdem bei Ausführung der Durchforstung die meisten unter 20 cm messenden Stämme entfallen sind, der Mittelstamm des verbleibenden, nunmehrigen Hauptbestandes nicht mehr jener mit 25 cm, sondern etwa ein solcher mit 28 bis 30 cm Grundstärke sein, und der bisherige Mittelstamm von da an der geringeren Stammklasse angehören. Aehnlich wird bei jeder Durchforstung, da dabei vorwiegend die im Höhenwuchse zurückgebliebenen Stämme entnommen werden, die Bestandeshöhe hinauf gerückt.

---

85) Ueber die Abstufung und Unterscheidung der Stammklassen siehe Kraft, Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen etc. Hannover 1884.

Demnach sind auch die Mittelstämme des Altbestandes im früheren Bestandesalter nicht Mittelstämme, sondern solche der stärkeren Stammklassen gewesen, d. h. es setzt sich der schliessliche Haubarkeitsbestand vorwiegend [86]) aus solchen Stämmen zusammen, welche in der Jugend die vorherrschende oder stärkste Stammklasse gebildet haben. Die an Stämmen haubarer Bestände erhobenen Höhen, Grundstärken etc. der früheren Altersstufen geben uns daher nicht die betreffenden Dimensionen der jeweiligen Mittelstämme in der Bestandesentwickelung, sondern jene der jeweils stärksten Stammklasse an. Speziell wird die mittlere Bestandeshöhe in der Jugend und in den mittleren Altersstufen eine geringere sein, als wir sie aus jenen Modellstämmen für die gleichen Alter erhalten und es muss ferner die Kulmination des laufenden Höhenzuwachses für den ganzen Bestand (d. i. der Zunahme der jeweiligen Bestandesmittelhöhe) infolge der Verschiebung des Mittelstammes in stets höhere Stammklassen später erfolgen, als wir sie früher für den Einzelstamm angegeben haben.

Auf den Gang der Bestandesentwicklung nach Stammzahl und Holzmasse nimmt die Art und der Grad des Eingreifens mittelst der Durchforstungen von seiten des Forstwirtes wesentlichen Einfluss und es kann daher auch der Wachstumsgang stets nur für je eine bestimmte Betriebsweise festgestellt werden. Die bisherigen Erhebungen und darnach aufgestellten Ertragstafeln haben fast durchwegs eine nur soweit gehende Durchforstungspflege im Auge, dass der volle Bestandesschluss bis zum Abtriebsalter erhalten bleibt. Der grössten Stammzahl des Bestandes kommt dabei keineswegs auch die grösste Massenproduktion zu, abgesehen von der ungünstigen Entwicklung des Einzelstammes in diesem Falle; ebenso würde aber bei einer zu geringen Stammzahl die Produktion nach Masse und Wert zurückbleiben. Es ist vielmehr jene Bestandesentwicklung anzustreben, bei welcher das Resultat aus den drei Faktoren Stammzahl, Holzmasse und Gebrauchswert des Einzelstammes das günstigste ist, und die Aufgabe des Forstwirtes geht demnach dahin, in den Kampf um Standraum und Lichtgenuss im Bestande so einzugreifen und denselben rechtzeitig zu gunsten einzelner Individuen zu entscheiden, dass damit das günstigste Resultat sowohl in bezug auf den Gesamtertrag, als auch in bezug auf die Entwicklung und Formbildung des Einzelstammes erreicht wird.

Nebst der Stammzahl und Bestandeshöhe ist in der Bestandesentwickelung auch noch die Stammgrundfläche aller Stämme ein beachtenswerter Faktor. Da dieselbe wieder stets für eine bestimmte Messhöhe und zwar meist für jene von 1.3 m über dem Boden bemessen wird, so erlangt sie erst dann einen bestimmten, anfangs sehr kleinen Wert, wenn die ersten Stämme diese Messhöhe mit ihren Gipfeltrieben erreicht haben; von da steigt ihre Höhe anfangs rasch, weiterhin immer langsamer, aber andauernd bis in ein hohes Alter, zum mindesten bis über das gewöhnliche Haubarkeitsalter der Bestände. Die Zunahme der Stammgrundfläche des Bestandes erfolgt in der Jugend am raschesten, vom mittleren Alter ab aber bei den raschwüchsigen und lichtbedürftigen Holzarten, wie Kiefer und Lärche nur mehr in geringem Masse; bei der Fichte und Tanne dagegen nimmt die Stammgrundfläche auch im höheren Alter noch immer beträchtlich zu, und erreicht auch bei diesen beiden Holzarten den höchsten Betrag von etwa 80 m^2 pro Hektar auf bestem Standorte und im Bestandesalter von 140—150 Jahren), während in den besten Kiefern- und Buchenbeständen sich dieselbe kaum über 50 m^2 pro Hektar erhebt. In den geringeren Standorten ist, trotz der grösseren Stammzahl, die Stammgrundfläche stets beträchtlich kleiner als in den besseren Standorten; sie erreicht auf den ersteren in haubaren Beständen der

86) Wir sagen „vorwiegend", weil dies keineswegs ausnahmslos der Fall ist; vielmehr bleibt auch mancher Stamm der anfangs stärksten Klasse später im Zuwachs zurück oder wird wegen ungünstiger Form u. dgl. vorzeitig entfernt, während einzelne bisher zurückgebliebene Stämme später einen günstigeren Wachsraum erhalten und dann die vorher stärkeren Stammklassen überholen können.

Kiefer und Buche etwa 30 m², der Fichte und Tanne 45—50 m² pro Hektar bei vollkommener Bestockung.

Im grossen Durchschnitte nimmt daher die Stammgrundfläche in haubaren Beständen etwa 0.5 Prozent der Gesamt-Bodenfläche ein und nur in den besten Fichten- und Tannenbeständen erreicht dieses Verhältnis die Grösse von 0.8 Prozent.

Die Grösse der Stammgrundfläche ist dabei, wie schon aus dem Einflusse des dichteren Schlusses auf den Grundstärkenzuwachs hervorgeht, keineswegs der Stammzahl proportional; es vermag vielmehr — selbstverständlich bis zu einer gewissen Grenze herab — die bessere Entwicklung der Einzelstämme im lichteren Bestande die grössere Stammzahl des dichteren Bestandes in der Gesamtgrundfläche fast vollständig auszugleichen, und es schwanken demnach in räumlichen und in dicht geschlossenen Beständen die Stammgrundflächen in viel geringerem Masse als die Stammzahlen.

Der Holzmassenzuwachs im Bestande ist getrennt nach der Massenzunahme des Hauptbestandes, dem ausscheidenden Zwischenbestande und dem aus beiden sich ergebenden Gesamtbetrage zu betrachten; auch kann der Zuwachsgang des schliesslichen Abtriebsbestandes, bezw. der denselben bildenden Stämme im Verhältnisse zum jeweiligen Hauptbestand in Betracht gezogen werden.

Die Holzmasse des Hauptbestandes und auch deren Zunahme ist in der ersten Jugend eine sehr geringe; die Holzmasse selbst nimmt dann in dem mittleren Bestandesalter meist ziemlich rasch, späterhin wieder langsamer, aber bis in hohes Alter andauernd, zu. Ein Stillstand in der Massenzunahme des Bestandes oder gar eine Abnahme der Masse könnte — abgesehen von dem Eingreifen in die Bestandesmasse beim Lichtungsbetriebe — erst dann eintreten, wenn der Massenabfall an abständig werdenden Stämmen dem Zuwachse der verbleibenden Stämme gleichkommt oder denselben übertrifft; ein Fall, der wirtschaftlich nicht in Betracht kommen kann.

Der laufende Massenzuwachs im Bestande steigt von dem geringen Betrage der ersten Jahre rasch an, erreicht bei den schnellwüchsigen Holzarten und auf den besseren Standorten ziemlich früh (mit 30—40 Jahren), zumeist aber etwa im mittleren Bestandesalter, in den geringsten Standorten auch noch später (im 70. bis 80. Jahre), seine grösste Höhe, von welcher er in den besten Standorten rascher, in den geringeren aber nur langsam wieder abnimmt.

Der durchschnittlich-jährliche Massenzuwachs ist im ersten Jahre dem laufenden gleich, weiterhin aber, solange der laufende Zuwachs noch zunimmt und auch noch einige Zeit über dessen Kulmination hinaus, stets kleiner als dieser (weil der Durchschnittswert einer mit der Zeit steigenden Reihe bei irgend einem Zeitpunkte stets kleiner sein muss als das betreffende Glied der Reihe selbst); er wird dann, sobald der laufende Zuwachs auf den Betrag dieses Durchschnittswertes gesunken ist, wieder diesem gleich und von da ab (weil nunmehr der laufende Zuwachs eine fallende Reihe bildet) stets grösser sein als dieser.

Der Durchschnittszuwachs steigt also vom ersten Jahre ab langsamer als der laufende und muss naturgemäss so lange ansteigen, als der laufende Zuwachs noch grösser ist als er selbst, also bis zu dem Zeitpunkte, wo die beiden Zuwachsgrössen gleich sind; nach diesem Zeitpunkte muss, wegen der stetigen Abnahme des laufenden Zuwachses, auch der durchschnittliche wieder abnehmen, aber in geringerem Masse als ersterer.

Der durchschnittliche Massenzuwachs erreicht daher seinen grössten Betrag beträchtlich später als der laufende und zwar stets in dem Zeitpunkte, wo er dem letzteren gleich wird; er hält sich dabei zur Zeit dieser Kulmination durch längere Zeit, bei den geringeren Standorten selbst durch einige Jahrzehnte, auf nahezu gleicher Höhe.

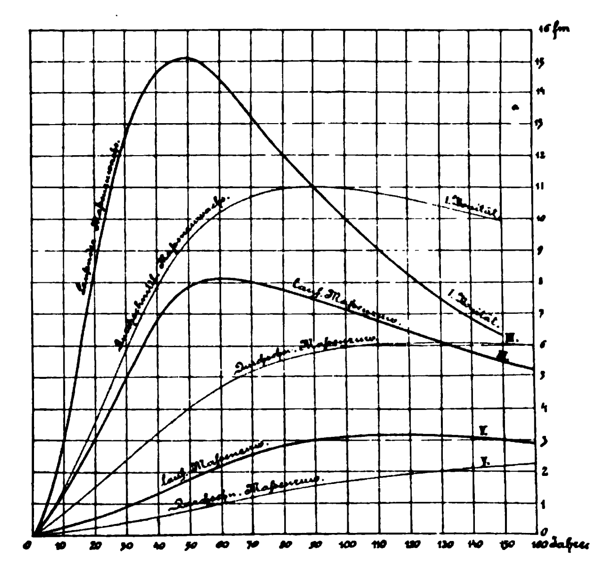
Dieses Verhalten des laufenden und durchschnittlichen Massenzuwachses des Haupt-

bestandes, zugleich auch den Einfluss des Standortes auf die absolute Grösse und den Gang derselben, zeigt die beistehende Figur 52, welche diese beiden Zuwachsgrössen für Fichtenbestände des Hochgebirges bester, mittlerer und geringster Bonität darstellt.

Ueber den Zeitpunkt und die Grösse des höchsten Durchschnittszuwachses verschiedener Holzarten und Standorte geben die bisher von den forstlichen Versuchsanstalten veröffentlichten Untersuchungen folgende Zahlen:

	Höchster durchschnittlicher Massenzuwachs des Hauptbestandes (an Derbholz und Reisig)			
	Bester Standort		Geringster Standort	
	Im Alter	fm³	Im Alter	fm³
Für die Fichte nach Baur	45—48	10.6	61—63	4.3
„ „ „ nach Kunze	50	13.2	60—75	6.0
„ „ „ nach Lorey	55—65	12.2	90—105	3.7
Für die Kiefer nach Weise	30—35	11.9	35—50	4.2
„ „ „ nach Kunze	35	10.9	55—65	2.7
„ „ „ nach Schwappach	30	8.0	50	2.5
Für die Buche nach Baur	82—83	7.3	113—119	2.5
„ „ „ nach Schwappach	80—100	7.2	80	2.7
Für die Weisstanne nach Lorey	100—110	11.2	110	5.5

Fig. 52.



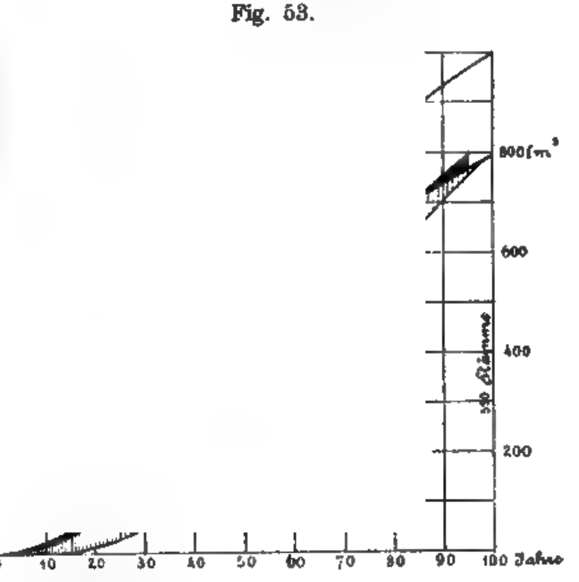
Nach meinen eigenen Erhebungen tritt der höchste Durchschnittszuwachs für die Fichtenbestände des Hochgebirges beträchtlich später ein als nach den obigen Angaben; und zwar (vgl. Fig. 52) für die besten Standorte im 90. Jahre mit 11.0 Festmeter, für die mittleren im 130. Jahre mit 6.1 Festmeter, für die geringste Bonität (Hochlage) aber erst nach dem 160. Jahre mit etwa 2.3 Festmeter. Nach den von mir für die Fichtenbestände der Herrschaft Weitra (N. Oe.) aufgestellten Ertragstafeln ergibt sich dagegen der grösste Durchschnittzuwachs für die beste Standortsklasse im 65. Jahre mit 11.0 fm und für die geringste Standortsklasse im 73. Jahre mit 4.3 fm.

Die grosse Verschiedenheit obiger Angaben selbst für eine und dieselbe Holzart ist nur zum Teil in der Verschiedenheit der betreffenden standörtlichen, namentlich der klimatischen Verhältnisse begründet, zum grösseren Teile wohl in der verschiedenen bisherigen Behandlung der zugrunde gelegten Bestände und endlich wohl zum Teile auch in dem verschiedenen Verfahren, welches bei der Aufstellung der betreffenden Ertragstafeln von den einzelnen Autoren eingehalten wurde.

Ein Zwischenbestand scheidet sich von dem Zeitpunkte des Bestandesschlusses an bis zum Abtriebsalter aus dem jeweiligen Hauptbestande aus, und zwar wird diese Ausscheidung in umso grösserem Masse stattfinden, je grösser die ursprüngliche Stammzahl, je lebhafter der Zuwachs der Einzelstämme und je lichtbedürftiger die Holzart ist. Die Zahl der ausscheidenden Stämme ist in der Jugend am grössten und nimmt mit zunehmendem Alter anfangs rasch, dann langsamer ab; der Holzmasse nach aber ist diese Ausscheidung des Zwischenbestandes in den jüngsten Altersstufen meist nur gering, dann bis zum mittleren Bestandesalter (dem Alter des grössten

laufenden Zuwachses im Bestande) zunehmend und von da bis zum Abtriebsalter wieder etwas abnehmend. Im ganzen wird die Holzmasse des zur Ausscheidung gelangten Zwischenbestandes zumeist etwa 25 bis 35%, unter Umständen auch bis zu 50% des Abtriebsertrages betragen. Da die Entnahme des Zwischenbestandes im Wege der Durchforstungen nicht alljährlich, sondern zumeist erst in längeren Zeitperioden erfolgt, so wird die Menge des im Bestande vorhandenen Zwischenbestandes eine innerhalb dieser Zeitperioden stets von Null bis zu einem gewissen Maximalbetrage wechselnd sein (vergl. Fig. 53).

Fig. 53.



Die Gesamtmenge des bis zu einem gewissen Zeitpunkte ausgeschiedenen Zwischenbestandes mehr der Holzmasse des Hauptbestandes in jenem Alter ergibt den **Gesamtertrag**. Durch diese Ausscheidung des Zwischenbestandes wird die Zunahme des Hauptbestandes gegenüber dem tatsächlich an diesem erfolgenden Zuwachs stets um den betreffenden Betrag vermindert; es ist daher die Zuwachsleistung des Bestandes innerhalb eines Zeitraumes nicht durch die Zunahme der Holzmasse des Hauptbestandes, sondern durch jene des Gesamtertrages gegeben und es muss zur Beurteilung dieser Zuwachsleistung oder des Zuwachsprozentes nebst der Massenzunahme des Hauptbestandes stets auch die Grösse des in diesem Zeitraume ausscheidenden Zwischenbestandes in Rechnung gezogen werden.

Für die Beurteilung des Zuwachsganges der den **Abtriebsbestand** bildenden Stämme und des jeweiligen Anteiles derselben an der Holzmasse des Hauptbestandes wird man annähernd eine richtige Grundlage erhalten, wenn man die durch Stammanalysen erhobenen Grössen des Inhaltes der Mittelstämme des Abtriebsbestandes in allen früheren Altersstufen mit der Stammzahl des letzteren multipliziert, da anzunehmen ist, dass diese Mittelstämme des Abtriebsbestandes auch in den früheren Altersstufen Mittelstämme der betreffenden Stammgruppe gewesen sind. Dieser künftige Abtriebsbestand wird in den ersten Altersstufen, da dessen Stammzahl kaum $^1/_{10}$ der Gesamtstammzahl des jungen Bestandes beträgt, nur einen geringen Teil der Masse des Hauptbestandes einnehmen, im mittleren Bestandesalter aber bereits die grössere Hälfte desselben bilden, um dann im Abtriebsalter mit dessen Masse zusammenzufallen. Der Zuwachs des Abtriebsbestandes ist daher vom mittleren Bestandesalter ab bedeutend grösser als jener des Hauptbestandes, die Stämme des **Abtriebsbestandes** leisten von diesem Alter ab überhaupt den grössten Teil des Gesamtzuwachses, wogegen auf die übrigen, nicht dem künftigen Abtriebsbestande angehörigen Stämme nur ein sehr geringer Teil dieses Gesamtzuwachses entfällt. Man kann diesen Teil des Bestandes, welcher nicht zum künftigen Abtriebsbestand gehört, sondern vor dem Abtriebsalter nach und nach in den Zwischenbestand übergeht, füglich als „Füllbestand“ bezeichnen, da dessen Aufgabe vorwiegend nur in der Herstellung der vollen Bestockung zum

Zwecke des Bodenschutzes und der Bestandeserziehung gelegen ist. Fig. 53 gibt ein Bild dieses Verhaltens des Abtriebsbestandes und des Füllbestandes im jeweiligen Hauptbestande, sowie auch des periodisch ausscheidenden Zwischenbestandes und des Gesamtertrages.

§ 54. Aufstellung von Ertragstafeln. Ertragstafeln stellen den Wachstumsgang der Bestände ziffermässig dar, indem sie für bestimmte Bestandes-Kategorieen, unter Voraussetzung normaler Entwickelung und Bestockung, entweder nur die Holzmassen und Zuwachsgrössen oder auch die einzelnen Faktoren der Bestandesmassen, als: Stammzahl, Stammgrundfläche, Bestandeshöhe u. s. w., für die verschiedenen Altersstufen der Bestandesentwickelung und zwar pro Hektar angeben. Die Aufgabe, den Zuwachsgang der Bestände für verschiedene Holzarten, Standorte und Betriebsformen zu ermitteln, fällt daher mit der Aufstellung von Ertragstafeln zusammen.

Der Entwickelungsgang eines Bestandes kann nicht, wie jener der Einzelstämme, aus dem haubaren Bestande nach rückwärts abgeleitet werden, weil uns für die früheren Entwickelungsstufen die Stammzahlen, Stammgrundflächen, sowie die Dimensionen der jeweiligen Mittelstämme unbekannt sind; soll also der Wachstumsgang eines einzelnen Bestandes festgestellt werden, so muss mit der Beobachtung beim ganz jungen Bestande begonnen und dieselbe durch wiederholte, entweder jährliche oder periodische Aufnahmen der Holzmasse und aller massgebenden Faktoren bis zu dessen Haubarkeitsalter fortgesetzt werden. Insbesondere wird der Einfluss verschiedener Erziehungs- und Betriebsweisen (z. B. geringer oder starker Durchforstung, des Lichtungshiebes u. dgl.) auf den Zuwachsgang der Bestände nur durch solche fortgesetzte Beobachtung mehrerer verschieden behandelter, aber sonst unter gleichen Verhältnissen erwachsender Bestände mit Sicherheit erhoben werden können, und haben daher auch die forstlichen Versuchsanstalten diese Methode der Zuwachsermittelung durch Einführung ständiger Versuchsflächen bereits angenommen.

Speziell zum Zwecke der Aufstellung von Ertragstafeln können dabei, um den sonst allzulangen Zeitraum der Beobachtung abzukürzen, ganz wohl auch mehrere Bestände verschiedenen Alters gleichzeitig in Beobachtung genommen werden, so dass sich dann nach einem bestimmten Zeitraume die einzelnen Beobachtungsreihen an einander anschliessen. Man erhält damit, in graphischer Darstellung gedacht, einzelne Stücke jener Kurve, welche die Holzmassenzunahme eines Bestandes während der ganzen Umtriebszeit darstellen würde, welche Kurvenstücke allerdings nicht immer unmittelbar aneinanderschliessen und auch vielleicht nicht sofort einen ganz gesetzmässigen Verlauf geben werden, aber es doch, wenn z. B. Bestände in je ungefähr 20jährigen Altersabstufungen gewählt wurden, nach Verlauf von 20 Jahren ermöglichen würden, die Holzmassen- bezw. Zuwachskurven der Bestandesentwickelung mit grösserer Zuverlässigkeit zu ziehen, als dies seither nach der bisherigen Methode der Aufstellung von Ertragstafeln möglich war.

Notwendige Voraussetzung ist dabei, dass die betreffenden Bestände in bezug auf Standort, Art der Begründung und bisherigen Behandlung möglichst übereinstimmen; ferner sollen stets mehrere Bestände derselben Altersstufe zur Beobachtung gewählt werden, da jeder Bestand in seiner Entwickelung sich individuell etwas verschieden verhält, während in der Ertragstafel das durchschnittliche Verhalten solcher Bestände zum Ausdruck gelangen soll, und weil auch der störende Einfluss anderer Faktoren nur durch eine grössere Zahl von Beobachtungen ausgeglichen oder wenigstens abgeschwächt werden kann.

Durch das eben angedeutete Verfahren der wiederholten Aufnahme desselben

Bestandes wird der Zuwachs der Bestände für eine längere oder kürzere Wachstumsdauer direkt ermittelt; es kann aber auch statt dessen aus der einmaligen Aufnahme mehrerer Bestände verschiedenen Alters (unter sonst gleichen Verhältnissen) eine Reihe der Bestandesmassen für alle Altersstufen gebildet und aus dieser dann der Gang der Massenzunahme für die betreffende Bestandeskategorie abgeleitet werden. Alle älteren und auch die meisten neueren Ertragstafeln sind in dieser Art aus einer grösseren oder kleineren Zahl einzelner Bestandesaufnahmen aufgestellt worden und wird dieser Weg auch stets eingeschlagen werden müssen, wenn eine Ertragstafel in kurzer Zeit zustande gebracht werden soll.

Die Bedingung, dass alle zu einer Massenreihe vereinigten Bestände in bezug auf Standort, Art der Begründung und bisherigen Behandlung übereinstimmen müssen, ist hier in noch strengerem Masse als bei dem vorigen Verfahren zu stellen; ebenso sollen alle aufzunehmenden Bestände die für die betreffende Betriebsart normale Beschaffenheit haben, und darf ihre Zahl keine zu geringe sein, um einerseits eine möglichst vollständige Massenreihe zu erhalten und anderseits die notwendige Ausgleichung der selbst in normalen Beständen noch immer vorhandenen Schwankungen in bezug auf die Stammzahl, die Grösse der Stammgrundfläche, der Holzmasse etc. auf Durchschnittswerte zu erzielen. Es kommt dann noch hier die Aufgabe hinzu, aus den durch die Bestandesaufnahmen erhaltenen Zahlen jene gesetzmässigen Reihen der Holzmassen bezw. ihrer Faktoren abzuleiten, welche die durchschnittliche Bestandesentwickelung mit möglichster Wahrscheinlichkeit darstellen. Hiezu eignet sich, da die einzelnen Erhebungen noch keineswegs eine vollkommene gesetzmässige Reihe geben, welche rechnungsmässig interpoliert werden könnte, das graphische Verfahren am besten. Es werden (auf Millimeterpapier) die Alter als Abszissen, die in den Beständen erhobenen Holzmassen nach einem beliebigen Massstabe als Ordinaten aufgetragen und wird dann durch die so erhaltenen, den Beständen einer bestimmten Bonitätsstufe entsprechenden Punkte eine gesetzmässig verlaufende Kurve so hindurchgezogen, wie dies der Lage sämtlicher Punkte am meisten entspricht. Aus den so gezogenen Kurven sind dann die Holzmassen und deren Zunahme für alle Altersstufen zu entnehmen.

Werden ausser den Holzmassen auch die Stammzahlen, Stammgrundflächen, Bestandeshöhen etc. in gleicher Weise graphisch verzeichnet und durch eine entsprechende Kurve verbunden, so kann durch Vergleichung des Ergebnisses der Einzelfaktoren mit der bereits vorläufig aufgestellten Massenreihe der Verlauf der letzteren wesentlich sicherer gestaltet werden. Am meisten eignen sich zu solcher Kontrole die Stammgrundflächen und Bestandeshöhen, deren Produkte, mit einer den eigenen Erhebungen oder einer Erfahrungstafel entnommenen Formzahlenreihe reduziert, eine zweite Holzmassenreihe ergeben, welche mit der zuerst gezogenen Massenkurve übereinstimmen soll. Zur Beseitigung der bei dem Vergleiche beider Massenreihen voraussichtlich sich ergebenden Differenzen sind dann die einzelnen Reihen insoweit zu modifizieren, dass dieselben sowohl unter sich als auch mit den Ergebnissen der Bestandesaufnahmen übereinstimmen.

Auch aus den Stammzahlen und den Holzmassen der Bestandes-Mittelstämme könnte eine solche Vergleichsreihe der Bestandesmassen gebildet werden; die Stammzahlen und damit auch die Stärke der Mittelstämme sind jedoch zumeist sehr schwankend und ist daher ihr gesetzmässiger durchschnittlicher Verlauf weniger sicher zu bestimmen als jener der Stammgrundflächen und Bestandeshöhen.

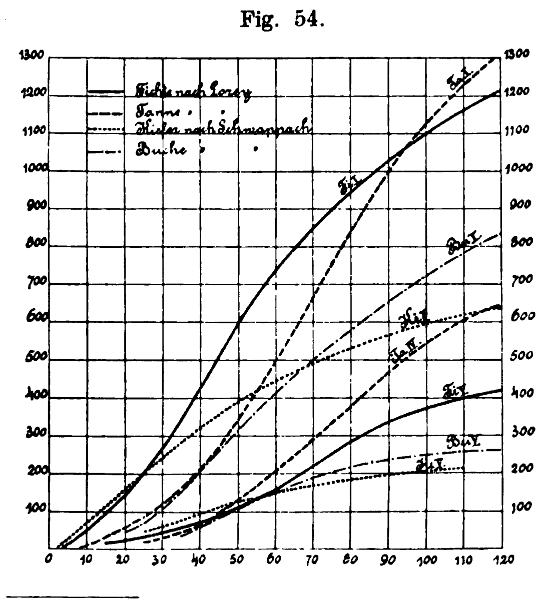
Die bedeutendste Schwierigkeit und damit auch Unsicherheit der Aufstellung von Ertragstafeln aus einmaligen Bestandesaufnahmen liegt in der Beurteilung der Zusammengehörigkeit der betreffenden jüngeren und älteren Bestände nach Standort und

Erziehungsweise; und diese Schwierigkeit wird selbstverständlich um so grösser, wenn solche Erhebungen auf grosse Gebiete mit verschiedenen Wachstums- und Betriebsverhältnissen ausgedehnt werden. Es bietet demnach einen wesentlichen Vorteil, die Untersuchungen über den Wachstumsgang der Bestände zunächst auf kleinere Gebiete, für welche gleiche Wachstumsverhältnisse vorausgesetzt werden können, zu beschränken, also Lokal-Ertragstafeln aufzustellen; während bisher das Bestreben zumeist dahin gerichtet war, diese Wachstumsgesetze sogleich als allgemein giltige in sog. allgemeinen Ertragstafeln festzustellen.

Wo die Uebereinstimmung der Standortsgüte nicht schon aus den Verhältnissen hervorgeht, da wird man in der Beurteilung derselben eine grössere Sicherheit dadurch gewinnen können, dass durch Stammanalysen der Wachstumsgang der Stämme in den Altbeständen erhoben und damit die Stammentwickelung der jüngeren Bestände, insbesondere bezüglich deren Höhe, verglichen wird. Darauf begründet sich auch das von Th. und R. Hartig zuerst angewendete Verfahren der Aufnahme nach Weiserstämmen, bei welchem aus einem oder mehreren haubaren Normalbeständen (den Weiserbeständen) je mehrere Stämme auf ihre Höhenentwickelung untersucht und dann jene jüngeren Bestände als zugehörig betrachtet werden, deren Oberhöhe (die Höhe der dominierenden Stammklasse) mit der den Weiserstämmen bei gleichem Alter zukommenden Scheitelhöhe übereinstimmt.

Sollen, wie dies zumeist der Fall sein wird, Ertragstafeln für mehrere Ertragsstufen (Standorts- oder Bonitätsklassen) einer bestimmten Holzart aufgestellt werden, so können diese Klassenabstufungen entweder im vornhinein festgestellt und die einzelnen Bestände sogleich in eine derselben (wenigstens vorläufig) eingereiht werden, oder es werden zunächst Bestände aller Standortskategorieen aufgenommen und wird dann die Zahl und Abgrenzung der Standortsklassen erst auf Grund des Ergebnisses dieser Aufnahmen vorgenommen. Aus den je einer Klasse zugehörigen Stammanalysen kann der durchschnittliche Höhenzuwachs für jede Klasse bestimmt werden und dann die Einreihung der jüngeren Bestände in die einzelnen Standortsklassen wieder nach Anhalt ihrer Höhen unter gleichzeitiger Berücksichtigung ihrer Massen erfolgen. Die Feststellung der Stammzahl-, Stammgrundflächen- und Holzmassenreihen etc. erfolgt dann für die einzelnen Standortsklassen nach dem früher angedeuteten graphischen Verfahren [87]).

Fig. 54.



Der Inhalt der Ertragstafeln beschränkt sich bei den älteren solchen Tafeln, von welchen hauptsächlich jene von Feistmantel, Pressler und Burckhardt heute noch in Gebrauch stehen, zumeist auf die Angabe der Holzmassen und Zuwachsgrössen in Altersstufen von je 10 Jahren. Die neueren, zumeist durch die forstlichen Versuchsanstalten heraus-

87) Vergl. des Verfassers Abhandlung „Die Aufstellung von Ertragstafeln", Oe. V. f. F. 1885. Seite 1 u. ff., dann „die Aufstellung von Holzmassen- und Geldertragstafeln auf

gegebenen Ertragstafeln[88]) geben auch die Stammzahlen und Stammgrundflächen pro Hektar und die Bestandeshöhen an, welche Zahlen wesentlich zur Charakteristik der betreffenden Bestände dienen; sie trennen ferner die Holzmasse in der Regel nach Derbholz- und Reisigmasse.

Die beigegebene Figur 54 gibt die Holzmassen pro Hektar der Fichte, Tanne, Kiefer und Buche u. zw. je für die beste und geringste Standortsklasse nach den wichtigsten neueren Ertragsuntersuchungen in graphischer Darstellung; dieselbe macht die grossen Unterschiede in den Ertragsgrenzen und im Zuwachsgange der einzelnen Holzarten ersichtlich. Als Beispiel einer solchen Ertragstafel sei hier diejenige für die Fichte nach Lorey's letzter Bearbeitung der zuerst von Baur herausgegebenen Tafeln im Auszuge beigefügt.

Normal-Ertragstafeln für die Fichte
nach der Bearbeitung von Dr. Lorey.
Hauptbestand pro Hektar (exkl. Zwischennutzung und Stockholz).

Alter	Stammzahl	Stammgrundfläche	Mittlere Höhe	Derbholz	Gesamtmasse	Alter	Stammzahl	Stammgrundfläche	Mittlere Höhe	Derbholz	Gesamtmasse
Jahre		m^2	m	Festmeter		Jahre		m^2	m	Festmeter	
		I. Bonität						II. Bonität			
10	—	3.4	2.5	—	52	10	—	1.2	1.9	—	37
20	6300	17.4	6.0	50	140	20	—	8.7	4.4	15	99
30	3900	31.5	10.3	165	265	30	5820	20.0	7.1	75	185
40	2400	41.5	15.0	320	416	40	3810	30.3	10.3	175	291
50	1560	49.1	19.4	497	591	50	2600	37.6	13.9	300	408
60	1140	54.6	23.3	640	733	60	1780	43.6	17.6	442	535
70	860	58.9	26.4	750	845	70	1260	48.4	21.1	554	650
80	680	62.5	28.9	844	940	80	910	52.2	24.2	646	737
90	600	65.5	31.1	927	1023	90	720	55.2	26.8	727	816
100	545	68.0	33.0	1000	1095	100	655	57.6	29.0	800	885
110	520	70.1	34.4	1066	1160	110	628	59.3	30.6	866	943
120	508	71.9	35.6	1118	1218	120	608	60.7	31.7	920	1000
		III. Bonität						IV. Bonität			
10	—	—	1.2	—	22	10	—	—	0.7	—	15
20	—	4.4	2.8	—	60	20	—	2.0	1.9	—	37
30	9300	11.8	4.8	10	112	30	—	7.3	3.5	—	72
40	6280	21.3	7.4	63	177	40	8700	14.4	5.5	17	118
50	4050	29.1	10.6	162	267	50	5370	21.8	8.0	80	180
60	2660	35.2	14.2	282	370	60	3360	28.2	11.0	175	258
70	1800	39.6	17.4	393	473	70	2220	33.0	13.9	270	345
80	1220	43.2	20.3	483	563	80	1500	36.6	16.6	343	418
90	900	46.1	22.9	558	638	90	1080	39.6	18.8	402	477
100	775	48.3	25.0	620	698	100	900	41.5	20.5	450	525
110	733	50.0	26.5	672	746	110	850	42.7	21.7	490	565
120	711	51.2	27.5	712	790	120	820	43.6	22.6	520	600

Aus solchen einzelnen Ertragstafeln können dann die Zahlen des Haubarkeits-Durchschnittszuwachses für verschiedene Holzarten, Standort und Betriebsarten als

Grundlage von Stammanalysen", Oe. V. f. F. 1896, 3. u. 4. Heft. — Ueber die Bedeutung des Mittelstammes für die Aufstellung von Ertragstafeln siehe Gehrhardt, a. a. O. S. 31 u. ff.

88) Neuere Ertragstafeln wurden u. a. veröffentlicht: Für die Fichte und Buche in Württemberg von Dr. Baur (die Fichte in zweiter und dritter Bearbeitung von Dr. Lorey), für die Fichte und Kiefer in Sachsen von Kunze, für die Kiefer in Deutschland überhaupt von Weise, für die Kiefer in der norddeutschen Tiefebene, dann für die Fichte in Deutschland überhaupt und für die Buche in Preussen von Dr. Schwappach, für die Weisstanne in Württemberg von Dr. Lorey (in zweiter Bearbeitung 1897).

Durchschnittsertragstafeln, speziell die Zuwachsprozente als Zuwachsprozenttafeln u. s. w. zusammengestellt werden.

Vorertragstafeln sollen ebenso die Holzmassen des in den einzelnen Altersstufen ausscheidenden Zwischenbestandes pro Hektar angeben, wie die Haupttragstafeln die Holzmasse des jeweiligen Hauptbestandes. Verlässliche Vorertragstafeln werden erst nach längerer Fortführung der Durchforstungsversuche zu erlangen sein; bis dahin sind solche aus den Ergebnissen probeweiser Durchforstungen (insbesondere auch der Durchforstung aller für die Hauptertragstafel aufzunehmenden Bestände) zusammenzustellen [89].

Uebrigens sind die Vorerträge je nach den Betriebs- und Verwertungsverhältnissen, sowohl in ihrer Gesamtmasse als auch nach den Dimensionen der dahin fallenden Stämme, noch viel mehr schwankend als die Haubarkeitserträge, und sind daher für sichere Anhalte stets lokale Erhebungen nötig.

89) Vorertragstafeln nach Burckhardt sind in Baur's Holzmesskunde, 3. Auflage, Seite 390 enthalten.

X.

Forsteinrichtung.

Von

Friedrich Judeich, †

für die 2. Auflage durchgesehen von Max Neumeister.

Litteratur. Oettelt: Practischer Beweis, dass die Mathesis bey dem Forstwesen unentbehrliche Dienste thue. 1765; 3. Aufl. 1786. — Derselbe: Abschilderung eines redlichen und geschickten Försters. 1768. — Beckmann: Anweisung zu einer pfleglichen Forstwirtschaft. 1759; 2. Aufl. 1766. — Hennert: Anweisung zur Taxation der Forsten. 2 Teile 1791 u. 1795; 2. Aufl. 1803. — Wiesenhavern: Anleitung zu der neuen auf Physik und Mathematik gegründeten Forstschätzung und Forstflächen-Einteilung in jährliche proportionale Schläge u. s. w. 1794. — G. L. Hartig: Anweisung zur Taxation der Forste u. s. w. 1. Aufl. in 1 Bd. 1795; 2., 3. u. 4. Aufl. in 2 Bden. 1804 u. 1805, 1813, 1819. — (Paulsen): Kurze praktische Anweisung zum Forstwesen oder Grundsätze über die vorteilhafteste Einrichtung der Forsthaushaltung und über Ausmittelung des Werts vom Forstgrunde u. s. w. herausgegeben von Führer. 1795; 2. Aufl. 1797. — Schilcher: Ueber die zweckmässigste Methode den Ertrag der Waldungen zu bestimmen. 1796. — Cotta: Systematische Anleitung zur Taxation der Waldungen. 1804. — Derselbe: Anweisung zur Forst-Einrichtung und Abschätzung. 1820. — König: Anleitung zur Holztaxazion. 1813. — André: Versuch einer zeitgemässen Forstorganisation. 1823. — Klipstein: Versuch einer Anweisung zur Forstbetriebs-Regulierung. 1823. — Hossfeld: Forsttaxation nach ihrem ganzen Umfange. 2 Bde. 1823—1824. — Hundeshagen: Die Forstabschätzung auf neuen, wissenschaftlichen Grundlagen. 1826; 2. Aufl. von Klauprecht, 1848. — Pfeil: Die Forsttaxation. 1833; 3. Aufl. 1858. — v. Wedekind: Anleitung zur Betriebsregulierung und Holzertragsschätzung der Forste. 1834; 2. Aufl. u. d. T. Instruktion für die Betriebsregulierung und Holzertragsschätzung der Forste. 1839. — Martin: Der Wälder Zustand und Holzertrag u. s. w. 1836. — Karl: Grundzüge einer wissenschaftlich begründeten Forstbetriebs-Regulierungs-Methode. 1838. — Derselbe: Die Forstbetriebsregulierung nach der Fachwerksmethode. 1851. — Smalian: Anleitung zur Untersuchung und Feststellung des Waldzustandes, der Forsteinrichtung, des Ertrages und Geldwertes der Forste u. s. w. 1840. — C. Heyer: Die Waldertrags-Regelung. 1841; 2. u. 3. Aufl. von G. Heyer 1862 u. 1883. — Derselbe: Die Hauptmethoden zur Waldertrags-Regelung. 1848. — Albert: Lehrbuch der forstlichen Betriebsregulierung. 1861. — Grebe: Die Betriebs- und Ertrags-Regulierung der Forsten. 1867; 2. Aufl. 1879. — Püschel: Die Forst-Einrichtung oder Vermessung und Einteilung der Forsten etc. 1869. — Pressler: Der rationelle Waldwirt. 2 Hefte 1858 u. 1859. — Derselbe: Die Hauptlehren des Forstbetriebs und seiner Einrichtung im Sinne eines technisch und volkswirtschaftlich rationellen Reinertragswaldbaus. 2. u. 3. Aufl. 1871 u. 1872. — Judeich: Die Forsteinrichtung. 1871; 5. Aufl. 1893. (An letztgenanntes Werk schliesst sich die nachfolgende kurze Bearbeitung der Forsteinrichtung eng an.) — Wagener: Anleitung zur Regelung des Forstbetriebs u. s. w. 1875. — Weise: Die Taxation des Mittelwaldes. 1878. — Derselbe: Die Taxation der Privat- und Gemeinde-Forsten nach dem Flächenfachwerk. 1883. — Borggreve: Die Forstabschätzung. 1888.

— Neumeister: Forst- und Forstbetriebs-Einrichtung der höchsten Wald- bei höchster Bodenrente. 1888. — Graner: Die Forstbetriebseinrichtung. 1889. — Raess: Die Waldertragsregelung gleichmässigster Nachhaltigkeit. 1890. — Weber: Lehrbuch der Forsteinrichtung. 1891. — Martin: Die Folgerungen der Bodenreinertragstheorie für die Erziehung und die Umtriebszeit der wichtigsten deutschen Holzarten. 5 Bde. 1894/9. — v. Guttenberg: Die Forstbetriebseinrichtung nach ihren gegenwärtigen Aufgaben und Zielen. 1896. — Stoetzer: Die Forsteinrichtung. 1898. — Neumeister: Die Forsteinrichtung der Zukunft. 1900. — Ausserdem zu vergl. die in der Abhandlung über Holzmesskunde genannten Bücher.

Einleitung.

§ 1. Die Aufgabe der Forsteinrichtung ist, den gesamten Wirtschaftsbetrieb in einem Walde zeitlich und räumlich so zu ordnen, dass der Zweck der Wirtschaft möglichst erreicht werde. Die nicht selten gebrauchten Ausdrücke: Betriebsregulierung, Forsttaxation, Forstsystemisierung (in Oesterreich) bedeuten dasselbe, wie Forsteinrichtung, während die Waldertragsregelung oder Ertragsbestimmung nur einen wesentlichen Teil der letzteren bildet.

Da der Zweck der Forstwirtschaft die möglichst vorteilhafte Benutzung des zur Holzzucht bestimmten Grund und Bodens, also dort, wo keine Nebenrücksichten modifizierend einwirken, die Erzielung des höchsten aus der Wirtschaft zu gewinnenden Reinertrages ist, so hat auch die Forsteinrichtung dieses Ziel im Auge zu behalten. Der Einfluss von Nebenrücksichten macht sich indessen oft mehr oder weniger geltend, besonders scharf tritt er z. B. in Schutzwaldungen, Luxuswaldungen hervor.

Nebennutzungen können in den Kulturländern nicht mehr Hauptzweck der Forstwirtschaft sein, wenn deren Beträge mitunter auch sehr bedeutende sind. Die Forsteinrichtung hat es deshalb in der Regel nur mit den Hauptnutzungen zu tun; die Nebennutzungen bedingen manchmal nur gewisse Modifikationen.

Die Hauptnutzungen bestehen aus dem Hauptprodukt der Waldwirtschaft, dem Holz, einschliesslich der Rinde. Sie zerfallen in Abtriebs- (oder Haubarkeits-) und Zwischennutzungen. Unter ersteren versteht man die durch den Abtrieb der Bestände erfolgenden Nutzungen, wobei unter Annahme einer fortzusetzenden Waldwirtschaft die Begründung neuer Bestände notwendig wird. Die Zwischennutzungen bestehen aus allen jenen Holzerträgen, welche während des Lebens eines Bestandes bis zu dessen Abtrieb eingehen, also zwischen zwei Abtriebsnutzungen liegen.

So scharf sich Abtriebs- und Zwischen-Nutzungen grundsätzlich trennen lassen, so schwierig ist deren Trennung oft in der Wirklichkeit, namentlich bei allmählich erfolgender Verjüngung der Bestände; man muss deshalb zu mehr oder weniger künstlichen Begriffsbestimmungen greifen (§ 81).

§ 2. Das Hauptprodukt der Waldwirtschaft, das Holz, gehört zu den unentbehrlichen Gütern und ist für den weiteren Handel eine schwerfällige Ware. Dies und die Eigentümlichkeit der Waldwirtschaft, dass bei ihr Anbau und Ernte meist durch weite Zwischenräume von einander getrennt liegen, liessen bereits im vorigen Jahrhundert die Ermittelung des möglichen, d. h. eines solchen Ertrages, welcher nachhaltig bezogen werden kann, als dringende Notwendigkeit erscheinen. Durch die Erkenntnis der letzteren erwuchs der Forsteinrichtung als eine ihrer wichtigsten Aufgaben die Sicherung eines Nachhaltsbetriebes in mehr oder weniger strenger Form.

Im allgemeinen wird ein Wald nachhaltig bewirtschaftet, wenn man für die Wiederverjüngung aller abgetriebenen Bestände sorgt, so dass dadurch der Boden der Holzzucht erhalten bleibt. Man unterscheidet nach Massgabe des Einganges der Abtriebsnutzungen:

1) Aussetzenden Betrieb, bei welchem nur in gewissen Zeiträumen, aber nicht alljährlich eine Abtriebsnutzung erfolgt;

2) Jährlichen Nachhaltsbetrieb, mit jährlich eingehender Abtriebsnutzung. Ist letztere wenigstens annähernd von gleicher Grösse, so spricht man von einem strengen jährlichen Nachhaltsbetrieb.

Der Begriff der Nutzung bezieht sich hier nur auf die Quantität des Produktes. Die ideale Form eines Nachhaltsbetriebes im Sinne gleicher Werte der Abtriebsnutzung lässt sich wohl theoretisch entwickeln, ist aber praktisch ohne Bedeutung, da dieselbe Holzquantität nach Verschiedenheit der Sortimente, aus denen sie besteht, nach dem Wechsel der Marktpreise, sehr verschiedene Gelderträge gewährt.

Der strenge jährliche Nachhaltsbetrieb ist nicht immer Notwendigkeit der Waldwirtschaft. Die Aufgabe der Forsteinrichtung kann also auch nicht lediglich darin bestehen, einen Wald diesem Ziele zuzuführen. Die Ordnung der Wirtschaft soll aber so weit unter Berücksichtigung des jährlichen Nachhaltsbetriebes erfolgen, als es bestimmte Waldverhältnisse, namentlich die mehr oder weniger regelmässige Versorgung des Marktes mit Holz überhaupt oder mit bestimmten Sortimenten, die Erhaltung eines tüchtigen Waldarbeiterstandes, welche ohne Gewährung regelmässig dauernder Arbeit nicht möglich ist, fordern. Es gibt Fälle, in welchen eine fast ganz gleiche Jahresnutzung nötig oder wünschenswert ist, z. B. gesetzliche Beschränkungen der Fideikommisswälder, Anforderung grosser und wichtiger holzkonsumierender Gewerbe, Hüttenbetrieb u. s. w.

Man hat daran festzuhalten, dass der Wald mit jährlichem Nachhaltsbetriebe aus einzelnen Beständen oder Bestandsgruppen zusammengesetzt wird, die für sich betrachtet im aussetzenden Betriebe bewirtschaftet werden.

Sehr kleine, im einfachsten aussetzenden Betriebe zu bewirtschaftende Wäldchen bedürfen keiner Forsteinrichtung, deren Aufgabe würde sich hier in der Hauptsache auf Ermittelung des zweckmässigsten Abtriebsalters für Haupt- und Zwischenbestand beschränken.

§ 3. Die Lehre der Forsteinrichtung hat zu behandeln: I. Die allgemeinen theoretischen Grundlagen, auf welche sich die Einrichtung stützen muss. II. Die Ausführung der zur Einrichtung nötigen Arbeiten selbst. Diese zerfallen in Vorarbeiten, Waldeinteilung, Ertragsbestimmung, Zusammenstellung des Wirtschaftsplanes, Erhaltung und Fortbildung des Einrichtungswerkes.

I. Die allgemeinen theoretischen Grundlagen.

I. Grundbedingungen des Normalwaldes.

§ 4. Zur Erforschung der inneren Gesetze der Waldwirtschaft erdachte man sich schon Ende des 18. Jahrhunderts künstliche Waldzustände in einfachster Form, welche unbeeinflusst von allen den Betrieb störenden Ereignissen blieben. Für jede Art des Betriebes lässt sich ein solcher Waldzustand denken, welcher vollkommen allen Anforderungen der Waldwirtschaft entspricht; einen solchen Wald nennt man Normalwald. Er dient uns zunächst dazu, die inneren Gesetze der Waldwirtschaft zu erforschen und gewährt uns ferner für dieselbe ein ideales, nicht ganz erreichbares Ziel.

Setzen wir die den gegebenen Verhältnissen entsprechenden Holzarten voraus, so ist der Normalzustand eines Waldes bedingt durch das Vorhandensein des normalen Zuwachses, des normalen Altersklassenverhältnisses und des normalen Vorrates.

Unter normalem Zuwachs versteht man den nach den gegebenen Standortsverhältnissen für eine bestimmte Holzart und einen bestimmten Umtrieb möglichen

Zuwachs jedes einzelnen Bestandes, sowie des ganzen Waldes. Abnormitäten erscheinen z. B. als Folge mangelhafter Bestandsgründung oder schädigender Elementarereignisse, sowie durch unverhältnismässiges Ueberwiegen einzelner Altersklassen.

Das normale Altersklassenverhältnis ist gleichbedeutend mit der normalen Altersstufenfolge der Bestände nach Grösse und Verteilung. Das heisst, die einzelnen Bestände müssen so gruppiert sein, dass dem Gange des Hiebes nirgends Hindernisse in den Weg treten, weder dadurch, dass er unreife Bestände trifft, noch dadurch, dass er reife Orte nicht rechtzeitig erreichen kann.

Der normale Holzvorrat ist jener, den ein Wald besitzt, dessen sämtliche, im normalen Altersklassenverhältnisse geordnete Bestände normalen Zuwachs haben. Er kann jedoch auch bei einem abnormen Waldzustande vorhanden sein, wenn zufälliger Weise das Minus einzelner Bestände durch das Plus anderer übertragen wird.

Für den strengen jährlichen Nachhaltsbetrieb mit ujährigem Umtriebe ist also der Zustand eines Waldes normal, wenn sich dieser aus einer Reihe von u Beständen derartig zusammensetzt, dass jedes Jahr ein u jähriges Glied mit demselben Materialertrage zum Abtriebe gelangen kann. Auf die Zwischennutzungen pflegt man die Normalität nicht auszudehnen.

Im finanzwirtschaftlichen Sinne würde für die Erfüllung der Normalität noch die Bedingung hinzutreten, dass sich kein Bestand in dem Wald fände, dessen Weiserprozent unter Voraussetzung des normalen Materialzuwachses unter den Wirtschaftszinsfuss gesunken ist.

II. Aus der Zuwachslehre.

§ 5. An jedem Baum oder Bestand erfolgt ein Massen- oder Quantitätszuwachs, ein Qualitätszuwachs, ein Teurungszuwachs.

1. Der Massen- oder Quantitätszuwachs.

Dieser bedeutet die Vermehrung der vorhandenen Holzmasse durch das jährliche Wachstum des Baumes oder Bestandes.

Zu unterscheiden sind:

Der laufend jährliche oder einjährige Zuwachs, welcher innerhalb eines Jahres erfolgt.

Der periodische Zuwachs, welcher innerhalb eines mehrjährigen Zeitabschnittes erfolgt. Bei kurzen, etwa 5—10jährigen Perioden ist der aus dem periodischen Zuwachse ermittelte jährliche Zuwachs annähernd gleich dem laufend jährlichen, weshalb man letzteren am besten auf diese Weise berechnet.

Der summarische oder Gesamtalters- oder Total-Zuwachs. Dieser erfolgt in der Zeit von der Entstehung des Baumes oder Bestandes bis zu einem gewissen Alter. Derselbe kann auch auf die Zeit von der Entstehung des Baumes oder Bestandes bis zum Abtriebe bezogen werden.

Der durchschnittliche oder gemeinjährige Zuwachs oder Durchschnitts-Zuwachs. Er ist der Quotient aus der Zahl der Jahre eines unterstellten Zeitraumes in den während des letzteren erfolgten Zuwachsbetrag. Daher zu unterscheiden: Periodischer und Gesamtalters-Durchschnittszuwachs; bezieht man ihn auf das Abtriebs- oder Haubarkeitsalter, so nennt man ihn Haubarkeits-Durchschnittszuwachs.

Die Zuwachsberechnungen kann man entweder nur auf die Masse des prädominierenden, des Hauptbestandes, oder nur auf die des Zwischenbestandes, oder auf die Summe von beiden beziehen.

Beispiele aus nachstehender Ertragstafel[1]) für Fichte.

Fichte. III. Ertragsklasse.

a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m	n	o	p	q	r	s
Bestandes-Alter	Hauptbestand: Mittlere Höhe	Hauptbestand: Gesamtmasse	Hauptbestand, Zuwachs: periodischer	Hauptbestand, Zuwachs: laufender $\frac{d}{10}$	Hauptbestand, Zuwachs: durchschnittlicher $\frac{c}{a}$	Hauptbestand, Zuwachs: Prozent	Zwischenbestand: Gesamtmasse	Zwischenbestand, Zuwachs: periodischer	Zwischenbestand, Zuwachs: laufender $\frac{i}{10}$	Zwischenbestand, Zuwachs: durchschnittlicher $\frac{m}{a}$	Summe bis zum Bestandes-Alter	Gesamtbetrag, Ges. Masse: $c+h$	Gesamtbetrag, Ges. Masse: $c+m$	Gesamtbetrag, Zuwachs: periodischer $d+i$	Gesamtbetrag, Zuwachs: laufender $\frac{p}{10}=e+k$	Gesamtbetrag, Zuwachs: durchschnittl. $\frac{o}{a}=f+l$	Prozent
Jahre	m		Festmeter				Festmeter					Festmeter					
20	2,		59	5,90	2,70	7,66	—	21	2,10	--	—	54	54	80	8,00	2,70	9,51
30	4,		80	8,00	3,77	5,50	21	25	2,50	0,70	21	134	134	105	10,50	4,47	6,79
40	7,		104	10,40	4,82	4,40	25	30	3,00	1,15	46	218	239	134	13 40	5,97	5,41
50	11,		97	9,70	5,94	2,87	30	35	3,50	1,52	76	327	373	132	13,20	7,46	3,75
60	14,		88	8,80	6,57	2,04	35	39	3,90	1,85	111	429	505	127	12,70	8,42	2,83
70	18		77	7,70	6,89	1,49	39	36	3,60	2,14	150	521	632	113	11,30	9,03	2,13
80	20		61	6,10	6,99	1,04	36	33	3,30	2,32	186	595	745	94	9,40	9,31	1,57
90	22		54	5,40	6,89	0,84	33	30	3,00	2,43	219	653	839	84	8,40	9,32	1,28
100	24		46	4,60	6,74	0,66	30	24	2,40	2,49	249	704	923	70	7,00	9,23	0,99
110	25		40	4,00	6,55	0,54	24	18	1,80	2,48	273	744	993	58	5,80	9,03	0,78
120	26				6,33		18			2,43	291	778	1051			8,76	

Hauptbestand: Inhalt des 60jährigen Bestandes 394, des 70jährigen 482 fm. Periodischer Zuwachs (Spalte *d*) daher 482—394 = 88 fm; laufender Zuwachs (Spalte *e*) $\frac{88}{10}$ = 8,8 fm; Durchschnittszuwachs (Spalte *f*) des 70jährigen Bestandes $\frac{482}{70}$ = 6,89 fm.

Summe des Haupt- und Zwischenbestandes: Periodischer Zuwachs (Spalte *p*) vom 60. bis 70. Jahre 88 + 39 = 521 — 394 = 632 — 505 = 127 fm; laufender Zuwachs in derselben Zeit $\frac{127}{10}$ = 8,8 + 3,9 = 12,7 fm; Durchschnittszuwachs (Spalte *r*) des 70jäh-

1) Von der königl. preussischen Versuchsanstalt wurden 1886 durch Vorerträge ergänzte Tafeln für Buche, Kiefer und Fichte berechnet. Hiervon ist eine, nämlich die für Fichte, III. Ertragsklasse, für die folgenden Beispiele benutzt, wobei nur die Rubrik der Zuwachs-Prozente zugefügt wurde. Diese Tafeln selbst geben übrigens die Erträge getrennt nach Derbholz und Reisig an. Mit Rücksicht auf die später folgenden Lehrbeispiele sei hier die Bonitätstafel für Fichte vollständig angefügt.

Alter	1. Bon.	2. Bon.	3. Bon.	4. Bon.	5. Bon.
Jahre	Festmeter				
10	6	12	18	30	40
20	16	35	54	83	152
30	33	73	113	172	294
40	52	128	193	281	446
50	75	195	297	405	603
60	102	263	394	549	743
70	126	323	482	663	853
80	144	367	559	750	924
90	156	403	620	817	982
100	165	437	674	867	1029
110	173	462	720	910	1068
120	181	480	760	950	1100

Seit 1901 wird im Forst- und Jagdkalender eine etwas abweichende Fichten-Tafel von Lorey gebracht (s. § 53).

rigen Bestandes $\frac{632}{70} = 6,89 + 2,14 = 9,03$ fm.

§ 6. Die Gesetze des Massenzuwachses, welche übrigens noch nicht vollständig erforscht sind, bespricht die Abhandlung über Holzmesskunde; hier sei nur kurz folgendes hervorgehoben, da es für manche Fragen der Ertragsregelung besonders wichtig ist.

Es ist mathematisch nachgewiesen[2]), übrigens auch selbstverständlich, dass der Durchschnittszuwachs so lange steigen muss, so lange der laufende Zuwachs noch über ihm steht, und dass er deshalb sein Maximum erreicht, sobald beide Grössen gleich geworden sind, von welchem Zeitpunkte an der laufende Zuwachs unter den durchschnittlichen sinkt. Der Forstwirt, welcher das Ziel der höchsten Massenproduktion verfolgt, muss jenen Umtrieb (§ 13) zu erreichen suchen, welcher mit den Jahren des höchsten Durchschnittszuwachses zusammenfällt.

Da wir über die Gestaltung des Zuwachses am Zwischenbestand noch weniger bestimmtes wissen, als über den Zuwachsgang des Hauptbestandes, also den Zeitpunkt seiner Kulmination noch weniger genau kennen, so lässt sich auch nicht sicher angeben, ob der höchste Stand des Durchschnittszuwachses für die Summe des Haupt- und Zwischenbestandes früher oder später eintritt, als für den Hauptbestand allein. Gewöhnlich wird der Durchschnittszuwachs des Zwischenbestandes etwas eher seinen höchsten Stand erreichen, als der des Hauptbestandes, den Zeitpunkt des Gesamtdurchschnittes deshalb herabdrücken. Es haben hierauf auch wirtschaftliche Massregeln einen direkten Einfluss. Frühzeitig eingelegte, starke Durchforstungen können wohl bewirken, dass die Kulmination des Durchschnittszuwachses für den Zwischenbestand, sonach auch für den Gesamtbetrag zeitiger eintritt, als für den Hauptbestand allein. Im grossen ganzen wird indessen der Einfluss des Zwischenbestandes auf das frühere oder spätere Eintreten des höchsten Durchschnittszuwachses des Gesamtbetrages meist ein unerheblicher sein.

Die in § 5 mitgeteilte Ertragstafel zeigt für den Hauptbestand den höchsten Durchschnittszuwachs mit 6,99 fm im 80. Jahre; der laufende Zuwachs steht vom 70.—80. Jahre mit 7,70 fm darüber, vom 80.—90. Jahre mit 6,10 fm darunter. — Der Zwischenbestand zeigt den höchsten Durchschnittszuwachs im 100. Jahre mit 2,49 fm, im Jahrzehnt vorher steht sein laufender Zuwachs mit 3 fm darüber, im Jahrzehnt nachher mit 2,40 fm darunter. — Die Summe von beiden, der Gesamtbetrag, zeigt das Maximum des Durchschnittszuwachses im 90. Jahre mit 9,32 fm, der laufende Zuwachs beträgt vom 80.—90. Jahre mehr, nämlich 9,40 fm, vom 90.—100. Jahre weniger, nämlich nur 8,40 fm. Uebrigens ist hier zu beachten, dass die Differenz zwischen dem Durchschnittszuwachs im 80. und 90. Jahre nur 0,01 fm beträgt, eine für die Praxis nicht beachtenswerte Grösse.

§ 7. Das Massenzuwachs-Prozent braucht der Forstwirt wohl nur ausnahmsweise dazu, von jetzt vorhandenen Massen auf künftige Erträge zu schliessen, dagegen dazu, die Tätigkeit der Wirtschaftskapitale zu messen.

Wächst ein Baum oder Bestand in einem Jahre von der Masse m auf die Masse M, so ist sein Zuwachs $z = M - m$ und sein Zuwachsprozent $p = \frac{100z}{m}$. Dieser Quotient wird von Jahr zu Jahr kleiner, denn der Divisor m wächst jährlich um einen ganzen Jahreszuwachs, während z nur den laufenden Zuwachs eines Jahres bedeutet, welcher schon frühzeitig zu sinken beginnt. Ausnahmsweise können allerdings Massregeln der Bestandspflege, z. B. Durchforstungen, das Zuwachsprozent heben oder wenigstens dessen Sinken verlangsamen.

Bezieht man p nicht auf m, sondern auf M, so erhält man in dem Ausdruck

2) Jäger in A. F. u. J.Z. 1841. S. 177. Dieser Beweis auch mitgeteilt in Baur's „Holzmesskunde". 4. Aufl. 1891. S. 439. — Lehr in G. Heyer: „Handbuch der forstlichen Statik". 1871. S. 126.

$\frac{100z}{M}$ annähernd das wahrscheinliche Zuwachsprozent der nächstfolgenden Zeit.

Für längere Zeit ist die sogenannte einfache Zinsrechnung nicht anwendbar, sondern M ist nichts andres als der njährige Nachwert von m, also $M = m \cdot 1{,}0p^n$ und daraus folgt

$$p = 100\left(\sqrt[n]{\frac{M}{m}} - 1\right).$$

Eine sehr zweckmässige Näherungsformel, welche die logarithmische Rechnung erspart, fand Pressler, indem er p auf das arithmetische Mittel aus M und m bezog. Aus der Proportion

$$\frac{M+m}{2} : \frac{M-m}{n} = 100 : p$$

berechnet sich

$$p = \frac{M-m}{M+m} \cdot \frac{200}{n}.$$

Diese Formel liefert stets ein etwas zu kleines Resultat, genügt aber vollständig, wenn p und n nicht sehr gross sind[3]).

Fallen während des Zeitraumes n noch Zwischennutzungen aus, so sind diese im einfachen Betrage M zuzurechnen.

Die Spalten *g* und *s* der in § 5 mitgeteilten Ertragstafel weisen die Zuwachsprozente von Jahrzehnt zu Jahrzehnt für den Hauptbestand und für die Summe des Haupt- und Zwischenbestandes, den Gesamtbetrag, nach.

z. B. vom 50.—60. Jahre:

Für den Hauptbestand $p = 100\left(\sqrt[10]{\frac{394}{297}} - 1\right) = 2{,}87.$

Für den Gesamtbetrag $p = 100\left(\sqrt[10]{\frac{394+35}{297}} - 1\right) = 3{,}75.$

Die Näherungswerte lauten:

Für den Hauptbestand $p = \frac{394-297}{394+297} \cdot \frac{200}{10} = 2{,}81.$

Für den Gesamtbetrag $p = \frac{394+35-297}{394+35+297} \cdot \frac{200}{10} = 3{,}64.$

Pressler fand folgendes Gesetz[4]):

Das im grossen ganzen abnehmende Zuwachsprozent der Hölzer ist im Alter a des höchsten Durchschnittsertrages auf einen Wert herabgesunken, der sich genau durch folgende Formeln ausdrücken lässt:

für den Hauptertrag allein $p = \frac{100}{a}$,

für den Gesamtertrag, wenn v die Summe sämtlicher Vorerträge im Prozentsatze des Hauptertrages bedeutet,

$$p = \frac{100+v}{a}.$$

Des Hauptbestandes p ist nach der vorgenannten Tafel im Jahre a des höchsten Durchschnittsertrages, im 80sten $\frac{6{,}99 \cdot 100}{559} = 1{,}25.$

---

3) Kunze entwickelte die genauer arbeitende Näherungsformel

$$p = \frac{M-m}{M(n-1) + m(n+1)} \cdot 200.$$

„Lehrbuch der Holzmesskunst". 1873. S. 227 flg.

4) A. F. u. J.Z. 1860.

Derselbe Wert berechnet sich aus $\frac{100}{80} = 1{,}25$.

Der höchste Durchschnitt des Gesamtbetrages fällt in das 90. Jahr, er muss also auch dort gleich dem laufenden Zuwachs sein. Das Zuwachsprozent ist demnach

$$\frac{9{,}32 \cdot 100}{620} = 1{,}50.$$

Die Summe der bis mit dem 90. Jahre ausgefallenen Zwischennutzungen beträgt (nach Spalte *m*) 219 fm oder $\frac{219 \cdot 100}{620} = 35{,}3\,\%$ der Hauptbestandesmasse in diesem Jahre, daher das Zuwachsprozent ebenfalls $\frac{100 + 35{,}3}{90} = 1{,}50$.

2. Der Qualitätszuwachs.

§ 8. Dieser erfolgt durch die Erhöhung des Wertes der Masseneinheit direkt dadurch, dass bei im allgemeinen sich gleich bleibenden Holzpreisen die stärkeren Sortimente in der Regel höheren Preis erlangen, indirekt dadurch, dass stärkere Sortimente gewöhnlich geringere Erntekosten verursachen. Er wird gemessen durch den erntekostenfreien Preis verschiedener Sortimente zu derselben Zeit.

Steigt in n Jahren der erntekostenfreie Preis der Masseneinheit, die wirtschaftliche Qualitätsziffer, eines Baumes oder Bestandes von q auf Q, so beträgt der Qualitätszuwachs Q — q und sein Prozent $100\left(\sqrt[n]{\frac{Q}{q}} - 1\right)$ oder im Pressler'schen Näherungswerte

$$\frac{Q - q}{Q + q} \cdot \frac{200}{n}.$$

Der Gang dieses zweiten Zuwachses hängt von den Absatzverhältnissen ab und kann eine zeitlang eine steigende oder auch eine fallende Reihe bilden, er kann sich sogar in ziemlichen Sprüngen bewegen. In arithmetische Gesetze lässt er sich deshalb nicht einzwängen. Doch ist eine wenigstens annähernde Kenntnis des Qualitätszuwachses von Wichtigkeit.

Brennholzbestände haben im höheren Alter nur noch wenig beachtenswerten Qualitätszuwachs, da nach Ueberschreitung eines gewissen Alters weder der Käufer geneigt ist, für älteres Holz mehr zu zahlen als für jüngeres, noch der Holzhauer mit geringerem Lohn dafür zufrieden ist. Ein kleiner Qualitätszuwachs findet indessen schon dadurch bis in hohes Alter statt, dass der Anteil des Derbholzes an der Gesamtmasse wächst.

Im Nutzholzwalde ist der Qualitätszuwachs bis in höhere Bestandes-Alter weit bedeutungsvoller, denn es steigt der Preis der Ware lange fort mit der Zunahme der Schaftstärke, bei gleichzeitig sich etwas vermindernden Erntekosten, und sodann wächst auch bis zu einer gewissen Grenze die relative Ausbeute an Nutzholz, das Nutzholzprozent.

Im grossen und ganzen sinkt wohl der Qualitätszuwachs mit zunehmendem Alter, wenn auch zeitweise ein Steigen desselben stattfinden kann. Er kann übrigens bis auf Null herabsinken, selbst negativ werden, während der Quantitätszuwachs in Beständen des Wirtschaftswaldes niemals bis auf Null sinken kann. Negativ kann der Qualitätszuwachs in alten, bereits faul werdenden Beständen sein.

Es ist eine wichtige Aufgabe der örtlichen Praxis, Erfahrungen über die Gestaltung des Qualitätszuwachses für ihren speziellen Wirkungskreis zu sammeln.

In der in § 5 mitgeteilten Ertragstafel zerfallen die dort in den Spalten *c*, *h* und *n* nachgewiesenen Erträge an Gesamtmasse in Scheite, Knüppelholz und Reisig folgendermassen:

Fichte. III. Ertragsklasse.

Bestandsalter	Hauptbestand				Zwischenbestand				Gesamtbetrag			
	Gesamtmasse	davon			Gesamtmasse	davon			Gesamtmasse	davon		
		Scheite	Knüppel	Reisig		Scheite	Knüppel	Reisig		Scheite	Knüppel	Reisig
Jahre	fm	Prozente			fm	Prozente			fm	Prozente		
20	54	—	13	87	—	—	—	—	54	—	13	87
30	113	—	29	71	21	—	—	100	134	—	24	76
40	193	—	45	55	25	—	25	75	218	—	43	57
50	297	17	44	39	30	1	49	50	327	16	44	40
60	394	30	41	29	35	5	63	32	429	28	43	29
70	482	50	26	24	39	8	67	25	521	47	29	24
80	559	62	16	22	36	18	64	18	595	59	19	22
90	620	68	12	20	33	36	52	12	653	66	14	20
100	674	71	11	18	30	51	40	9	704	70	12	18
110	720	73	10	17	24	66	26	8	744	73	10	17
120	760	76	10	14	18	71	21	8	778	76	10	14

Nicht bloss der Prozentsatz des Derbholzes, also der Summe des Scheit- und Knüppelholzes, wächst z. B. im Hauptbestand allein vom 20. bis 120. Jahre von 13 auf 86, sondern auch der Anteil des Scheitholzes am Derbholz steigt ganz wesentlich. Aehnliches gilt natürlich für den Zwischenbestand und für den Gesamtbetrag. Hierdurch wird ein Qualitätszuwachs bis in das höhere Bestandesalter bedingt.

Würde z. B. im 60jährigen Hauptbestand 1 fm Derbholz mit 11 M., 1 fm Reisig mit 3 M., im 80jährigen Bestand 1 fm Derbholz mit 15 M., 1 fm Reissig mit 3 M. bezahlt, so betrüge:

Qualitätsziffer q des 60jährigen Bestandes $\frac{71 \,.\, 11 + 29 \,.\, 3}{100} = 8{,}68$

„ Q „ 80 „ „ $\frac{78 \,.\, 15 + 22 \,.\, 3}{100} = 12{,}36.$

Das Qualitätszuwachsprozent

im Näherungswert $\frac{12{,}36 - 8{,}68}{12{,}36 + 8{,}68} \cdot \frac{200}{20} = 1{,}75$

oder genauer $100 \left(\sqrt[20]{\frac{12{,}36}{8{,}68}} - 1\right) = 1{,}78.$

3. Der Teurungszuwachs.

§ 9. Derselbe wird hervorgerufen durch Veränderungen der Holzpreise überhaupt. Er wird gemessen durch den Preis derselben Sortimente zu verschiedenen Zeiten.

Allgemein gültige Gesetze über den Verlauf dieses Zuwachses lassen sich nicht aufstellen, er ist ein ausserforstlicher und kann ebensogut alle Sortimente als auch nur bestimmte Einzelsortimente treffen[5]. — Für die Forsteinrichtung wird er dadurch wichtig, dass er die Wahl gewisser Betriebsarten bedingen kann; für die spezielle Ertragsregelung, d. h. für die Aufstellung eines Hiebsplanes auf kürzere Zeit, dadurch, dass er auf die finanzielle Hiebsreife einzelner Bestände oder Bestandsgruppen wesentlichen Einfluss nimmt. Der Bau einer Strasse, einer Eisenbahn kann sehr leicht für ganze Waldstrecken einen Teurungszuwachs von 20 und mehr Prozenten hervorrufen.

Die Berechnung seines Prozentes erfolgt wie beim Qualitätszuwachs. Steigt der Preis der Einheit in n Jahren von t auf T, so findet ein Teurungszuwachsprozent von

5) Zu vergl. u. a. Lehr: „Beiträge zur Statistik der Preise, insbesondere des Geldes und des Holzes.“ 1885.

$100\left(\sqrt[n]{\frac{T}{t}}-1\right)$ oder im Näherungswerte $\frac{T-t}{T+t}\cdot\frac{200}{n}$ statt. Angenommen der Preis einer bestimmten Stammholzklasse habe sich innerhalb 10 Jahren für den Festmeter von 10 auf 11 M. gehoben, so beträgt das Teuerungszuwachsprozent nach der Pressler'-schen Näherungsformel $\frac{11-10}{11+10}\cdot\frac{200}{10}=0{,}95$.

4. Das Weiserprozent.

§ 10. Die Summierung der drei bisher besprochenen Zuwachsprozente geschieht folgendermassen.

Wächst in n Jahren eine Masse m um a%, deren Qualitätsziffer q um b%, und tritt noch ein Teuerungszuwachs von c% hinzu, so geht ihr gegenwärtiger Wert mq über in

$$W=mq\left(1+\frac{a}{100}\right)^n\left(1+\frac{b}{100}\right)^n\left(1+\frac{c}{100}\right)^n$$

hieraus

$$100\left(\sqrt[n]{\frac{W}{mq}}-1\right)=a+b+c+\frac{ab+ac+bc}{100}+\frac{abc}{100^2}.$$

Bei nicht ganz ungewöhnlich hohen Prozenten kann man die für die Rechnung sehr unmassgeblichen Grössen $\frac{ab+ac+bc}{100}+\frac{abc}{100^2}$ weglassen und sich mit dem einfachen Näherungswert $a+b+c$ begnügen.

Diese Summe $a+b+c$ drückt also aus, zu welchem Prozent ein Bestand das in ihm jetzt vorhandene Holzkapital durch seinen Zuwachs verzinst. Um die wirtschaftliche Bedeutung dieses Zuwachses richtig zu messen, ist jedoch zu beachten, dass er nicht bloss das Holzkapital zu verzinsen hat, sondern auch andere Wirtschaftskapitale. Der weiterwachsende Bestand nimmt Grund und Boden in Anspruch, es sind jährlich laufende Ausgaben (Verwaltungskosten und Steuern) zu zahlen, ausserdem war auch in der Regel eine Vorauslage in Gestalt von Kulturkosten nötig. Wir haben es also ausser mit dem Holzkapitale noch zu tun mit dem Bodenkapital, den laufend jährlichen Ausgaben und den Kulturkosten.

Geht man von dem im allgemeinen richtigen Grundsatz aus, dass eine Gütererzeugung nur dann mit Nutzen für den Wirtschafter betrieben werden kann, wenn der Preis des erzeugten Gutes mindestens die Erzeugungskosten deckt, wenn er also nicht bloss die aufgewendete Arbeit bezahlt macht, sondern auch die Zinsen des gebrauchten stehenden Kapitales, beziehentlich mit Amortisation, die Zinsen des verbrauchten umlaufenden Kapitales und dieses selbst gewährt, so gelangt man auch für die Forstwirtschaft zu dem Satze, dass diese Wirtschaft nur dann und so lange mit Nutzen, das heisst mit einem Reinertrage, für den Wirtschafter betrieben werden könne, so lange die Zuwachsgrösse $a+b+c$ allen obengenannten Faktoren gerecht wird.

Hierdurch allein gewinnen wir eine Antwort auf die Frage der wirtschaftlichen Reife, der Erntereife eines Bestandes. Steht das Prozent, welches den Zuwachs des letzteren in Beziehung auf alle diese Faktoren ausdrückt, noch über dem für die Wirtschaft angenommenen Zinsfuss, so ist der Bestand noch unreif, sein Abtrieb wäre mit Verlust verknüpft; ist dieses Prozent aber unter den Wirtschaftszinsfuss gesunken, so hat der Bestand den Zeitpunkt der Reife bereits überschritten, ein weiteres Stehenlassen desselben wäre ein wirtschaftlicher Verlust. Zwischen beiden Stufen liegt die

wirtschaftliche Reife des Bestandes, nämlich jener Zeitpunkt, in welchem das fragliche Prozent gleich dem Wirtschaftszinsfusse wird.

Dieses Prozent nannte Pressler, weil es uns auf die Erntereife des Bestandes hinweist, das Weiserprozent [6]).

Eine mathematisch genaue Berechnung der zur Entwicklung dieses Prozentes nötigen Faktoren ist unmöglich, dagegen lassen sich für die Anwendung genügende Näherungswerte finden.

Bezeichnet man die laufend jährlichen Ausgaben, welche sich aus den Verwaltungskosten im weitesten Sinne des Wortes und unter Umständen aus Grundsteuern zusammensetzen, mit v, so ist das diesen Kosten entsprechende Kapital $V = \frac{v}{0{,}0p}$.

Der Bodenwert, das Bodenkapital (B) kann ermittelt werden als Verkaufswert, als Kostenwert oder als Bodenerwartungswert. Erstere beiden ergeben sich als Durchschnittsgrössen aus wirklichen Käufen oder Verkäufen. Der letztere ist gleich dem aus der reinen Bodenrente r gefundenen Kapitale $\frac{r}{0{,}0p}$. Berechnet man ihn mit Hilfe des finanziellen Haubarkeitsalters oder Umtriebes (§ 14), so erhält man sein Maximum B_u, welches man auch den wirtschaftlichen Bodenwert nennen kann.

Bezeichnen wir den erntekostenfreien Abtriebs- oder Haubarkeitsertrag im Jahre u mit A_u, die im aten, bten u. s. w. Jahre eingehenden, erntekostenfreien Vorerträge mit D_a, D_b u. s. w., die Kulturkosten mit c, so erhält man für die Bodenrente der Flächeneinheit die bekannte Formel

$$r = \frac{A_u + D_a\, 1{,}0p^{u-a} + \ldots - c1{,}0p^u}{\frac{1{,}0p^u - 1}{0{,}0p}} - v,$$

für B_u daraus

$$\frac{r}{0{,}0p} = \frac{A_u + D_a\, 1{,}0p^{u-a} + \ldots - c1{,}0p^u}{1{,}0p^u - 1} - V. \text{ (Faustmann'sche Formel.)}$$

Die Formelausdrücke $\frac{1{,}op^u - 1}{0{,}op}$ und $1{,}op^u - 1$ betreffen den Renten-Endwert und den Zinswert (den um 1 verminderten Nachwert), welche aus Tafeln abzulesen sind.

Die Kulturkosten c belasten einen ganzen Wald oder eine ganze Betriebsklasse mit dem Kapital $\frac{c}{0{,}0p}$, denn sie sind jährlich zu bezahlen. Den njährigen Einzelbestand belasten sie jedoch nur mit ihrem njährigen Nachwerte. Eine andere Rechnungsform mit Hilfe des von ihm so genannten Kulturkapitales führte Pressler ein. Er setzt dieses Kulturkapital C gleich der Summe aus der einmaligen Auslage c und einem Kapitale, welches alle u Jahre c Zinsen trägt, also

$$C = c + \frac{c}{1{,}0p^u - 1} = \frac{c1{,}0p^u}{1{,}0p^u - 1}.$$

Je grösser p und u, desto kleiner berechnet sich der Wert für C. Wegen seiner

6) a. a. O. in den Arbeiten Pressler's zu vergl. A. F. u. J. Z. 1860: „Zur Verständigung über den Reinertragswaldbau und sein Betriebsideal." — In der Lehre vom Weiserprozent gipfelt das bedeutende Verdienst, welches sich Pressler um Klärung der forstlichen Wissenschaft und Wirtschaft erworben hat.

Zu vergl. auch Kraft: „Beiträge zur forstlichen Zuwachsrechnung und zur Lehre vom Weiserprozent". Hannover 1885. Besonders beachtenswert darin die Behandlung des Qualitätszuwachses.

Abhängigkeit von u gilt das Kulturkapital genau nur für die zum Anbau vorliegende Blösse unter Zugrundelegung des entsprechenden Umtriebes. Im Kostenwerte des a jährigen Bestandes erscheinen die Zinsen von $B_u + V$ in der Formel $(B_a + V)(1{,}0p^a - 1)$, die Kulturkosten c jedoch als a-jähriger Nachwert $c\,1{,}0p^a$. Diesen Wert erhält man durch den Ausdruck $C(1{,}0p^a - 1)$ nur unter der Voraussetzung, dass $a = u$.

§ 11. Für die Berechnung des Weiserprozentes w des Hauptbestandes ergibt sich nun folgender Weg.

Innerhalb des nächsten njährigen Zeitraumes verwandelt sich der erntekostenfreie Holzvorratswert des ajährigen Bestandes A_a in den Wert A_{a+n}, oder, wenn während dieser Zeit im mten Jahre noch eine Zwischennutzung D_m ausfällt, in den Wert $A_{a+n} + D_m\,1{,}0p^{a+n-m}$. Das Quantum des Wertszuwachses der nächsten n Jahre beträgt sonach $A_{a+n} + D_m\,1{,}0p^{a+n-m} - A_a$.

Fraglich erscheint der Kapitalstock, auf welchen dieses Zuwachsquantum zu beziehen ist. Bezeichnen wir die Summe $B_u + V$ (Bodenkapital und Kapital der laufenden jährlichen Ausgaben) mit g, so decken die Zinsen dieses g, welches Pressler das Bodenbruttokapital nennt, alle in der Wirtschaft vorkommenden Kosten mit Ausnahme des Aufwandes für Kultur und Ernte. Unbedingt bildet also g einen Teil des gesuchten Kapitalstockes. Die Zinsen von g sind gleich $r + v$, wir bezeichnen sie im folgenden als Bodenbruttorente mit r'.

Bezüglich des anderen Teiles des Kapitalstockes kann man von verschiedenen Gesichtspunkten ausgehen.

1) Sollen alle Kosten und Erträge der Vergangenheit in Rechnung gestellt werden, so hat man dem g den Kostenwert des ajährigen Bestandes HK_a zuzurechnen. Das Weiserprozent w entwickelt sich aus der Gleichung

$$A_{a+n} + D_m\,1{,}0p^{a+n-m} - A_a = (HK_a + g)(1{,}0w^n - 1).$$

Hieraus

$$w = 100\left(\sqrt[n]{\frac{A_{a+n} + D_m\,1{,}0p^{a+n-m} + HK_a - A_a + g}{HK_a + g}} - 1\right)^{7)}.$$

2) Für den praktischen Zweck der Ermittelung der fraglichen Erntereife eines Bestandes halten wir jedoch einen anderen Weg für den richtigeren. Der gegenwärtige Bestand A_a ist die Grösse, welche wir jetzt wirklich vor uns haben. Wenn wir nun fragen, ob es wirtschaftlich vorteilhaft sei oder nicht, diesen Bestand noch n Jahre wachsen zu lassen, so ist in Rechnung zu stellen, was er von jetzt an kosten wird und was er dafür an Wertszuwachs leistet. Ob der ajährige Bestand mehr oder weniger gekostet hat, als sein Wert A_a besagt, berührt uns nicht, weil möglicher Gewinn oder Verlust der Vergangenheit angehört, nicht der Zukunft. Von diesem Gesichtspunkte ausgehend berechnen wir w aus der Gleichung

$$A_{a+n} + D_m\,1{,}0p^{a+n-m} - A_a = (A_a + g)(1{,}0w^n - 1),$$

hieraus

$$w = 100\left(\sqrt[n]{\frac{A_{a+n} + D_m\,1{,}0p^{a+n-m} + g}{A_a + g}} - 1\right).$$

Mit Hilfe dieser Formel sind die Weiserprozente der in § 14 mitgeteilten finanziellen Ertragstafel berechnet, welcher ein p von 3 zu Grunde gelegt wurde.

Beispiele nach dieser Tafel. Die Abtriebsnutzung des 60jährigen Bestandes beträgt 1970 M., die des 70jährigen 2892 M., ausserdem liefert der Zwischenbestand im

---

7) In etwas anderer Form derselbe Ausdruck, den G. Heyer für das Prozent der laufend jährlichen Verzinsung aus dem Wertszuwachse des Bestandes gibt, indem er diesen auf den „prolongierten, entlasteten Produktionsfonds" bezieht. — „Handbuch der forstlichen Statik." 1871. a. a. O. S. 110 flg.

70. Jahre noch einen Ertrag von 195 M., welcher mit als Abtriebsnutzung erscheint. Die Bodenbruttorente $r' = r + v$ des finanziellen Umtriebes im 90. Jahre ist 17,387 M., folglich $g = B_u + V = \frac{17,387}{0,03} = 579,57$ M. Das Weiserprozent w im 7. Jahrzehnte beträgt sonach

$$w = 100 \left(\sqrt[10]{\frac{2892 + 195 + 579,57}{1970 + 579,57}} - 1 \right) = 3,70.$$

Der 80jährige Bestand liefert einen Abtriebsertrag von 4472 M., der 100jährige einen solchen von 7414 + 180 = 7594 M., ausserdem entfallen im 90. Jahre 198 M Zwischennutzung. Weiserprozent für die Zeit vom 80.—100. Jahre daher

$$w = 100 \left(\sqrt[20]{\frac{7414 + 180 + 198 \,.\, 1,03^{10} + 579,57}{4472 + 579,57}} - 1 \right) = 2,60.$$

Hiernach fällt die finanzielle Reife des Bestandes in die Zeit zwischen dem 80. und 100. Jahre.

Folgende für die Praxis genügende Näherungsformel zur Berechnung von w lehrt Pressler:

$$w = (a + b + c) \frac{A}{A + G}.$$

Es bedeuten hier a, b und c die bekannten Zuwachsprozente, A das arithmetische Mittel aus dem gegenwärtigen und künftigen Ertrag, also $\frac{A_a + A_{a+n} + D_m 1,op^{a+n-m}}{2}$ endlich G das Grundkapital $B_u + V + C$. Unter C ist das „Kulturkapital“ (zu vergl. § 10) zu verstehen.

Hat die Grösse A_a einen Jahreszuwachs von $a + b + c = p$ %, so beträgt das Zuwachsquantum des nächsten Jahres $\frac{A_a p}{100}$. Dieser Wert wird im Prozentsatze w für Holz- und Grundkapital gefunden durch die Proportion

$$(A_a + G) : 100 = \frac{A_a p}{100} : w,$$

hieraus $w = p \frac{A_a}{A_a + G}$.

Man kommt nun der Wahrheit sehr nahe, wenn man, wie oben geschehen, anstatt A_a das arithmetische Mittel in die Formel einsetzt.

Auch für die Berechnung des Grundkapitales G lässt sich ein vollständig genügender Näherungswert finden. Man betrachtet die Summe aus dem erntekostenfreien Werte des annähernd dem finanziellen Umtriebe entsprechenden Bestandes und dem seiner auf das Jahr u prolongierten Vorerträge als den u jährigen Endzins von G, findet daher letztere Grösse durch Division dieser Summe mit $1,op_u - 1$. Die Rechnung ist nicht für jeden Einzelbestand, sondern nur für grössere, annähernd gleichartige Standortsverhältnisse zeigende Bestandsgruppen oder auch nur für ganze Betriebsklassen durchzuführen.

Die Summe der Vorerträge drückt man am besten im durchschnittlichen Prozentsatz zur Abtriebsnutzung aus. Nach der Tafel in § 14 würde diese Summe ungefähr betragen im 60. Jahre 21%, im 70. Jahre 26%, im 80. Jahre 29%, im 90. J. 32%, im 100. J. 39%, im 110. J. 48%, im 120. J. 64%[8]).

Zur Erläuterung dieser Rechnung sei erwähnt, dass z. B. der Abtriebsertrag im 90. Jahre 6200 + 198 beträgt, denn der in Spalte *g* angegebene Vorertrag von 198 erscheint als solcher nur dann, wenn der Bestand noch über das 90. Jahr hinaus stehen bleiben soll. Die Summe der wirklich bis dahin bezogenen Vorerträge beträgt in ent-

8) Unter Umständen können diese Prozentsätze noch wesentlich höhere sein.

sprechenden Nachwerten nach Spalte *h* 2223,322 — 198 = 2025,322, der gesuchte Prozentsatz demnach $\frac{2025,322 \cdot 100}{6398} = 31,65$.

Hiernach berechnet sich das Grundkapital $G = B_u + V + C$

$$\text{für } u = 70 \text{ auf } \frac{A_{70} + 0,26\, A_{70}}{1,03^{70} - 1} = 0,18 A_{70}$$

$$\text{„ } u = 80 \text{ „ } \frac{A_{80} + 0,29\, A_{80}}{1,03^{80} - 1} = 0,13 A_{80}$$

$$\text{„ } u = 90 \text{ „ } \frac{A_{90} + 0,32\, A_{90}}{1,03^{90} - 1} = 0,10 A_{90}$$

$$\text{„ } u = 100 \text{ „ } \frac{A_{100} + 0,39 A_{100}}{1,03^{100} - 1} = 0,08 A_{100}.$$

Für das Weiserprozent in der Zeit vom 80.—100. Jahre erhalten wir demnach folgenden Näherungsweg.

1. Quantitätszuwachs-Prozent a.

$$a = \frac{674 + 30 + 33 - 559}{674 + 30 + 33 + 559} \cdot \frac{200}{20} = 1,37.$$

2. Qualitätszuwachsprozent b.

Die jetzige Qualitätsziffer q oder der durchschnittliche von den Erntekosten befreite Einheitspreis des 80jährigen Hauptbestandes beträgt 8 M.

Die künftige Qualitätsziffer Q für den 100 jährigen Bestand berechnet sich unter Berücksichtigung der eingehenden Durchforstungserträge auf

$$\frac{674 \cdot 11 + 30 \cdot 6 + 33 \cdot 6 \cdot 1,03^{10}}{674 + 30 + 33} = 10,665.$$

$$b = \frac{10,665 - 8}{10,665 + 8} \cdot \frac{200}{20} = 1,43.$$

3. Das dem finanziellen Umtrieb entsprechende G_{90} ist $0,10\, A_{90} = 0,10 (6200 + 198) = 639,8$ M.

4. Der gegenwärtige Wert des 80jährigen Hauptbestandes ist 4472 M. Voraussichtlicher Wert des 100jährigen Bestandes samt den innerhalb der nächsten 20 Jahre ausfallenden Vorerträgen ist $7414 + 180 + 198 \cdot 1,03^{10} = 7860,10$ M.

Sonach mittlerer Bestandswert $A = \frac{4472 + 7860,10}{2} = 6166$ M.

5. Hieraus Weiserprozent ohne Teurungszuwachs

$$w = (a + b) \frac{A}{A + G} = (1,37 + 1,43) \frac{6166}{6166 + 640} = 2,80 \cdot 0,906 = 2,54.$$

Infolge der Anwendung der Näherungsrechnung auf einen 20jährigen Zeitraum ist dieses w um 0,06 kleiner, als das oben nachgewiesene.

Das hier in Rechnung gestellte G enthält noch das Pressler'sche Kulturkapital C, würde also genau gleich der Summe $B_u + V + C = g + C$ sein, wenn die Vornutzungen nicht bloss annähernd im Prozentsatz der Abtriebsnutzung, sondern ganz richtig in Ansatz gebracht worden wären. Der Betrag von C, im obigen Beispiele $\frac{50 \cdot 1,03^{90}}{1,03^{90} - 1} = 53,76$ M., ist indessen so unerheblich, dass man für die praktische Näherungsrechnung einfach die Grösse G annehmen darf. Wollte man auch hier der Konsequenz wegen nur die Grösse g anwenden, so müsste man C von G in Abzug bringen. Auf das Endresultat bleibt dies ohne beachtenswerten Einfluss. Der Näherungswert von g würde sein $639,8 - 53,76 = 586,04$, folglich der Reduktionsbruch

$$\frac{A}{A + G} = \frac{6166}{6166 + 586} = 0,913, \text{ und daher } w = (1,37 + 1,43)\, 0,913 = 2,56.$$

§ 12. Der Zwischenbestand kann ebenso wie der Hauptbestand mit Hilfe der Lehre vom Weiserprozent nach seiner Erntereife gefragt werden. Pressler[9]) unterscheidet drei Arten des Zwischenbestandes:

9) s. Neumeister „Forst- und Forstbetriebseinrichtung". 1888. S. 36 u. f.

1) Der nützliche Zwischenbestand, welcher durch Erhaltung des Schlusses überhaupt als Bodenschutzholz den Zuwachs des Hauptbestandes fördert. — Hat der Vorrat des Hauptbestandes A den m fachen Wert des Zwischenbestandes h, ist also $m = \frac{A}{h}$, wächst ferner h mit (a + b) %, und würde dessen Aushieb den Zuwachs von A für die nächsten n Jahre um A . 0,0d benachteiligen, so produziert das stehen bleibende h jährlich $h \frac{a+b}{100} + A \frac{d}{100}$, und das Weiserprozent für h fände sich aus der Gleichung

$$h \,.\, 0{,}0w = h \frac{a+b}{100} + A \frac{d}{100},$$

hieraus $w = (a + b) + \frac{A}{h} \,.\, d = (a + b) + dm$.

2. Der gleichgiltige Zwischenbestand bewirkt kein d, sein w ist also gleich seinem a + b.

3. Der schädliche Zwischenbestand ist ein solcher, dessen Aushieb den Zuwachs des Hauptbestandes um A . 0,0d heben, dessen Nichtaushieb diese Hebung hindern würde. Das stehenbleibende h wirkt daher nicht positiv, sondern negativ, und wird deshalb sein

$$w = (a + b) - \frac{A}{h} \,.\, d = (a + b) - dm.$$

In der Regel wird es freilich unmöglich sein, die Grösse d auch nur annähernd zu bestimmen, deshalb haben diese Formeln wenig praktischen Wert, wissenschaftlichen Wert haben sie jedoch insofern, als sie einem richtigen wirtschaftlichen Grundgedanken einen klaren mathematischen Ausdruck geben.

Etwas anders würde sich die Rechnung gestalten, wenn man dem Zwischenbestand einen Anteil des Grundkapitales zuweisen wollte, dann müsste entsprechende Reduktion des w erfolgen.

III. Der Umtrieb.

§ 13. Unter Umtrieb, Umtriebszeit versteht man den von der Begründung eines Bestandes bis zu seiner mit Wiederverjüngung verknüpften Ernte verfliessenden Zeitraum. Das Ende dieses Zeitraums nennt man Abtriebs- oder Haubarkeitsalter.

Zu unterscheiden sind folgende Arten des Umtriebes:

1) Der physische Umtrieb. Man versteht darunter entweder denjenigen, welcher für die natürliche Wiederverjüngung einer Holzart unter gewissen Standortsverhältnissen und für bestimmte Betriebssysteme geeignet ist, oder jenen, welcher mit der natürlichen Lebensdauer der Bestände zusammenfällt. — Forstwirtschaftliche Bedeutung kann derselbe jetzt nur noch ausnahmsweise in Schutz- oder Luxuswäldern, allenfalls noch im Niederwalde haben.

2) Der Umtrieb des höchsten Massenertrages, auch forstlicher oder ökonomischer Umtrieb genannt. Er bezweckt die grösste Massen-, also grösste Rohproduktion und fällt in das Alter des höchsten Durchschnittszuwachses, wo das Zuwachsprozent auf $\frac{100}{u}$ oder $\frac{100 + v}{u}$ gesunken ist. In einem Walde, für welchen die § 5 mitgeteilte Ertragstafel Geltung hätte, würde er also für den Haupt- oder Abtriebsertrag allein in das 80., für den Haupt- und Zwischenertrag zusammen in das 90. Jahr fallen.

3) Der technische Umtrieb ist jener, bei welchem der Holzbestand das für bestimmte Zwecke der Verwendung geeignetste Material liefert. Er ist vollständig gerechtfertigt, wenn er sich dem finanziellen Umtrieb nähert. Heutzutage wird dies

wohl nur bei Erziehung schwächerer Sortimente der Fall sein, z. B. im Eichenschälwald.

4) Der Umtrieb der höchsten Waldrente oder des höchsten Waldreinertrags ist jener, bei welchem ein Bestand oder Wald den nach arithmetischem Durchschnitt berechneten höchsten Geldertrag liefert. Für einen Wald, dem die im § 14 als Lehrbeispiel mitgeteilte finanzielle Ertragstafel entspräche, würde er in das 110. Jahr fallen. Die einfache Summe sämtlicher Vorerträge beträgt bis dahin 1295 M. Unter Voraussetzung jährlich laufender Kosten $v = 9$ M berechnet sich daher die Waldrente im Durchschnitt für 1 ha mit

$$\frac{8640 + 1295 - 50 - 9 \cdot 110}{110} = 80{,}86 \text{ M.}$$

Der 100jährige Umtrieb würde 76,15 M, der 120jährige 78,27 M ergeben.

Die Steigerung dieses Umtriebes in hohe Bestandsalter hat ihren Grund darin, dass mit der Höhe des Umtriebes die Grösse des Holzvorratskapitales wächst. Das Wachstum dieses bedeutenden forstlichen Betriebskapitales bewirkt, dass die Wirtschaft selbst bei andauerndem Sinken des Zinsfusses bis zu einer gewissen Grenze doch noch steigende Erträge liefern kann. Bei der einfachen Summierung von Erträgen und Kosten, welche zu verschiedenen Zeiten für den Einzelbestand fällig sind, wird dieser Einfluss des Vorratskapitales in der Rechnung verschleiert. Dass aber wirklich jedes Jahr ein Abtriebsertrag und jedes Jahr sämtliche Vorerträge eingehen können, ist lediglich Folge des in der Reihe der 0- bis $u - 1$jährigen Bestände stockenden Holzvorrates.

§ 14. 5) Der finanzielle Umtrieb ist derjenige, bei welchem der Wald unter Voraussetzung eines bestimmten Wirtschaftszinsfusses den höchsten Reinertrag, die höchste Bodenrente gewährt.

Bezeichnen wir mit A_u den erntekostenfreien Wert der Abtriebsnutzung, mit D_a u. s. w. die erntekostenfreien Werte der Zwischennutzungen, mit c die Kulturkosten, mit v die jährlich laufenden Ausgaben für die Flächeneinheit, mit p den Wirtschaftszinsfuss, mit u den Umtrieb, mit r die reine Bodenrente, so fällt der finanzielle Umtrieb in jenes Jahr, in welchem der Ausdruck

$$r = \frac{(A_u + D_a 1{,}0p^{u-a} + D_b 1{,}0p^{u-b} + \ldots - c\, 1{,}0p^u)}{\frac{1{,}0p^u - 1}{0{,}0p}} - v$$

ein Maximum ergibt.

Es geht aus der Formel ohne weiteres hervor, dass in demselben Jahre, wo r sein Maximum erreicht, auch die sogenannte Bodenbruttorente $r' = r + v$ ihr Maximum erreichen muss, so lange die Grösse v konstant bleibt, sich also mit anderem u nicht ändert. Für die Umtriebsbestimmung genügt also die Berechnung von r'.

Die § 5 mitgeteilte Ertragstafel wurde zu einer finanziellen ergänzt, um sie als Lehrbeispiel zu benützen. Zu diesem Zwecke wurden die erntekostenfreien Holzpreise für Haupt- und Zwischenbestand in möglicher und wahrscheinlicher Höhe angenommen, $c = 50$ und $p = 3$ gesetzt. Der Hauptertrag oder Ertrag des Hauptbestandes ist gleichbedeutend mit dem Abtriebsertrag oder der Abtriebsnutzung; der Vorertrag wird meist durch die Zwischennutzung gebildet. (Vergl. die nebenstehende Ertragstafel.)

Der finanzielle Umtrieb fällt hiernach in das 90ste Jahr. Da das Weiserprozent im 8. Jahrzehnt noch auf 4,19, im 9. Jahrzehnt nur noch auf 3,28 lautet, weist auch dieses auf das Jahr 90 als das des finanziellen Umtriebes hin.

Es liegt auf der Hand, dass ein finanzieller Umtrieb nur in annähernder Grösse bestimmt werden kann, dasselbe gilt aber auch von allen andern Umtriebszeiten. Ferner geht aus der Betrachtung der Bodenrentenformel, sowie aus der beistehenden Tafel

hervor, dass er eine veränderliche Grösse ist; auch dies gilt von allen andern Umtrieben, am wenigsten allerdings von dem des höchsten Massenertrages. Wir können in dem durch die Rechnung gefundenen u daher für die Praxis nur einen Fingerzeig erblicken, welcher uns bei den allgemeinen Erwägungen, auf Grund deren endlich allein eine Umtriebszeit gewählt werden kann, ein wesentliches Anhalten gewährt.

a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m	n	o
Jahr	Haupt- Ertrag	Vor- Ertrag	Erntekostenfreier Preis: 1 Festmeter des Haupt- Ertrages	Erntekostenfreier Preis: 1 Festmeter des Vor- Ertrages	Summe des Haupt- Ertrages	Summe des Vor- Ertrages	Summe der Vorerträge in entsprechenden Nachwerten	Summe des Gesamt-Ertrages $f+h$	Kulturkosten-Nachwert $50 . 1{,}03^a$	Kulturkostenfreier Gesamt-Ertrag $i-k$	Rentenendwerts-Faktor $\frac{1{,}03^a-1}{0{,}03}$	Boden-Bruttorente l/m	Weiser-Prozent von 10 zu 10 Jahren
	Festmeter	Festmeter	Mark	Mark	Mark	Mark	Mark	Mark	Mark	Mark			
20	54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
30	113	21	3	3	339	63	63,000	402,000	121,363	280,637	47,575	5,899	—
40	193	25	4	3	772	75	159,667	931,667	163,102	768,565	75,401	10,193	) 4,50
50	297	30	4	4	1188	120	334,579	1522,579	219,195	1303,384	112,797	11,555	) 3,40
60	394	35	5	4	1970	140	589,646	2559,646	294,580	2265,066	163,053	13,892	) 4,29
70	482	39	6	5	2892	195	987,435	3879,435	395,891	3483,544	230.594	15,107	) 3,70
80	559	36	8	5	4472	180	1507,030	5979,030	532,045	5446,985	321,363	16,950	) 4,19
90	620	33	10	6	6200	198	2223,322	8423,322	715,025	7708,297	443,349	17,387	) 3,28
100	674	30	11	6	7414	180	3167,959	10581,959	960,930	9621,029	607,288	15,843	) 1,89
110	720	24	12	6	8640	144	4401,473	13041,473	1291,410	11750,063	827,608	14,198	) 1,59
120	760	18	12	6	9120	108	6023,213	15143,213	1735,550	13407,663	1123,70	11,932	) 0,62

§ 15. Die nähere Besprechung der hier einschlagenden Fragen gehört zwar in die Abhandlung über forstliche Statik, doch mögen wenigstens einige Bemerkungen über die praktische Bedeutung der einzelnen Rechnungsfaktoren auch an dieser Stelle Aufnahme finden [10]), weil man nicht selten dem Einwurf begegnet, dass die Unsicherheit der Bestimmung dieser Faktoren jede Berechnung des finanziellen Umtriebes unmöglich mache.

Dass die laufenden jährlichen Kosten v, wenn sie sich nicht mit u selbst ändern, was sehr selten der Fall sein dürfte, ohne Einfluss auf die relative Höhe des finanziellen Haubarkeitsalters bleiben, wurde bereits vorstehend erwähnt. Setzen wir in unserem Beispiel $v = 9$, oder gleich 6, oder gleich 12, so bleibt das Jahr der finanziellen Reife ganz genau dasselbe, wenn auch die Bodenrente r wesentlich dadurch beeinflusst wird.

Die Erntekosten können insofern einen etwas erhöhenden Einfluss auf u äussern, als sie zum Qualitätszuwachs beitragen, wenn sie mit dem Steigen der Stärke der Sortimente für die Masseinheit geringer werden. Dieser Einfluss ist indessen ein ziemlich unbedeutender, sobald wir überhaupt nur ältere Bestände des Hochwaldes betrachten. Ueberdies sind die Erntekosten für die Gegenwart bekannt, und man kann daher alle Erträge leicht erntekostenfrei in Rechnung stellen.

Die Kulturkosten beeinflussen zwar nicht unbedeutend die Grösse r, jedoch die Kulmination derselben so wenig, dass man erstere bei der Bestimmung dieses Zeitpunktes weglassen kann, ohne sich eines Fehlers schuldig zu machen. Eine irrige Veranschlagung des c bleibt also ohne Bedeutung. Je höher die Kulturkosten sind, desto höher berechnet sich zwar der finanzielle Umtrieb, jedoch für die Anwendung nur in ganz unerheblicher, kaum beachtenswerter Weise.

10) Zu vergl. auch Judeich, „Die Forsteinrichtung." 5. Auflage 1893. S. 77 flg.

Lassen wir im vorstehenden Beispiel die Kulturkosten ganz unberücksichtigt, so wird r' für den 80jährigen Umtrieb 18,605 $\left(= \frac{5979,030}{321,363}\right)$, für den 90jährigen 18,999 M., für den 100jährigen 17,424 M., das Maximum bleibt also im 90. Jahre.

Die Vorerträge, mögen sie aus Nebennutzungen oder Durchforstungserträgen bestehen, haben einen sehr bedeutenden Einfluss auf die Grösse der Bodenrente, jedoch nur einen sehr geringen auf den Zeitpunkt der Kulmination derselben. Zeitig eingehende bedeutende Vorerträge drücken das finanzielle Haubarkeitsalter etwas herab, dagegen vermögen erhebliche Vorerträge, welche in den diesem Haubarkeitsalter nahe stehenden Jahren eingehen, dasselbe manchmal auch etwas zu erhöhen, ähnlich wie dies mit der Kulmination des Haubarkeits-Durchschnittszuwachses der Fall sein kann.

Lassen wir im vorstehenden Beispiele die Vornutzungen ganz unberücksichtigt, stützen die Rechnung nur auf die Abtriebsnutzung und Kulturkosten, so wird r' für den 80jährigen Umtrieb 12,820 $\left(= \frac{4119,955}{321,363}\right.$; hierbei ermittelt sich 4119,955 aus 5446,985 + 180 — 1507,03) für den 90jährigen 12,818. Der finanzielle Umtrieb stellt sich also etwas niedriger, jedoch nur so wenig, dass man füglich r' für beide fragliche Umtriebe als gleich betrachten kann. Etwas deutlicher tritt die Erniedrigung hervor, wenn man auch die Kulturkosten unberücksichtigt lässt und das finanzielle Haubarkeitsalter lediglich mit Hilfe der Abtriebsnutzung berechnet. Für den 80jährigen Umtrieb wird dann r' = 14,476, für den 90jährigen = 14,431. Diese kleinen Differenzen sind für die praktische Ermittelung des finanziellen Umtriebes nicht beachtenswert.

Wird man bei der Berechnung des finanziellen Haubarkeitsalters nie sehr weit irren, auch wenn man die Vorerträge unberücksichtigt lässt, so ist die Annahme berechtigt, dass Unsicherheiten in der Schätzung dieser Erträge für die Rechnung beachtenswerte Irrtümer gewiss nicht zur Folge haben können. Hiebei ist allerdings vorauszusetzen, dass man die Umtriebsfrage nicht mit Hilfe von so jugendlichen Beständen zu lösen sucht, welche noch solche Durchforstungen erwarten lassen, die bedeutenden Einfluss auf den Zuwachsgang des Hauptbestandes nehmen. Man wird zum Zwecke der Untersuchung Bestände wählen, welche ihrem Haubarkeitsalter mehr oder weniger nahe stehen.

Der einflussreichste, wichtigste Faktor für die Berechnung des finanziellen Haubarkeitsalters ist die Abtriebsnutzung. Masse und Preis derselben sind für die Gegenwart leicht zu ermitteln, wo Buch und Rechnung gut geführt werden. Aenderungen, welche die Zukunft bringen wird, lassen sich mit Sicherheit allerdings nicht voraussagen. Treffen dieselben gleichmässig oder fast gleichmässig alle Sortimente, so wird dadurch die Höhe des finanziellen Umtriebes kaum bemerkenswert beeinflusst, wenn auch die Rücksicht auf den Teurungszuwachs dem Waldbesitzer für kürzere oder längere Zeit zu einer besonders sparsamen Wirtschaft Veranlassung sein kann. Anders gestaltet es sich jedoch, wenn durch Aenderung der Preise gewisser Sortimente das Preisverhältnis zwischen den stärkeren, älteren und den schwächeren, jüngeren Hölzern verschoben wird. Da die Wahrscheinlichkeit dafür spricht, dass in Zukunft die stärkeren Nutzhölzer durch die Gestaltung der Produktions- und Marktverhältnisse allmählich eine grössere Preissteigerung erwarten lassen, als die schwächere Ware, so hat der Waldbesitzer alle Ursache, bei der Wahl des Umtriebes vorsichtig zu sein, nämlich dem höheren Umtrieb den Vorzug vor dem niederen zu geben.

Unter den Produktionskosten ist endlich der Zinsfuss jener Faktor, welcher am meisten die Höhe des finanziellen Umtriebes beeinflusst. Billiges Kapital, d. h. niedriger Zinsfuss ermöglicht für alle Bodenwirtschaften eine grössere Intensität der Kapitalsanlage, für die Forstwirtschaft sonach einen höheren Umtrieb. Ein Prozent mehr oder weniger vermag letzteren wohl um 10—20 Jahre zu erniedrigen oder zu erhöhen.

Führen wir die Rechnung nur mit 2, anstatt mit 3 %, so erhalten wir auf Grund der in der Tafel (§ 14) gegebenen Unterlagen als Bodenbruttorenten (r') für den 80jährigen Umtrieb 27,901, für den 90jährigen 30,495, für den 100jährigen 29,542, für den 110jährigen 28,068. Der finanzielle Umtrieb fällt zwar auch hier noch in das 90. Jahr, eine relative Erhöhung desselben spricht sich jedoch dadurch aus, dass die Differenz zwischen dem 90. und 100. Jahre, ja selbst zwischen dem 90. und 110. Jahre geringer, die zwischen dem 80. und 90. Jahre dagegen grösser ist, als die der mit 3 % ermittelten Bodenbruttorenten. In anderen Fällen kann der Einfluss des Zinsfusses ein weit grösserer sein, als im obigen Beispiel.

Wären der Gestaltung des Zinsfusses nicht durch allgemeinwirtschaftliche Gesetze gewisse Grenzen gezogen, innerhalb deren er sich bewegt, so wäre die Ermittelung des finanziellen Umtriebes für die praktische Anwendung überhaupt unmöglich. Derartige Grenzen gibt es aber, wenn auch nicht so scharfe, dass es möglich wäre, eine bestimmte Zahl für einen sogenannten forstlichen Zinsfuss zu finden. Nach allen Erwägungen, deren Erörterung nicht hieher gehört [11]), glauben wir annehmen zu dürfen, dass der für die forstlichen Rentabilitätsrechnungen zu wählende Zinsfuss sich in den Grenzen von 2—3 Prozent bewegt.

IV. Das normale Altersklassenverhältnis.

1. Der Jahresschlag.

§ 16. Soll in einem Walde der jährliche Nachhaltsbetrieb durchgeführt werden, so muss alljährlich eine gewisse Fläche zum Abtrieb kommen können, welche man Jahresschlag nennt. Am einfachsten gestaltet sich die Rechnung für den Niederwald und Hochwald mit Kahlschlägen. Ist die Waldfläche $= F$, der Umtrieb $= u$, so wird der Jahresschlag $i = \frac{F}{u}$. Für den Niederwald stets, für den Hochwald mit Kahlschlägen nur unter der Voraussetzung, dass der Anbau dem Abtrieb unmittelbar folgt. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, sondern bleibt der Jahresschlag aus irgend welchen wirtschaftlichen Gründen w Jahre unangebaut als Blösse liegen, so wird $i = \frac{F}{u+w}$. Der Wald setzt sich dann nicht bloss aus u Bestandsgliedern in 1- bis ujähriger Abstufung zusammen, sondern enthält auch noch die wmalige Blösse, also überhaupt eine Anzahl von $u + w$ Gliedern.

Im Hochwalde mit Plenterschlagbetrieb fasst man zu einem Periodenschlag so viele Jahresschläge zusammen, als der Verjüngungszeitraum Jahre zählt. Ist die Anzahl der letzteren m, so ist der Periodenschlag $\frac{F}{u} . m$. Der Umtrieb u ist hier gleich dem Alter des Bestandes bei Beginn der Plenterung oder Vorverjüngung, die Bäume des letzten Räumungsschlages würden $u + m$jährig.

Im Mittelwalde richtet sich die Grösse des Jahresschlages nur nach dem Unterholz und ist $\frac{F}{u}$, wenn u den Umtrieb des Unterholzes bedeutet.

Dem Plenterwalde fehlt der Jahresschlag im gewöhnlichen Sinne des Wortes, da niemals ein vollständiger Abtrieb stattfindet. Die Grösse der jährlich der Plenterung zu unterwerfenden Fläche richtet sich nicht nach dem Umtriebe, sondern nach der Zeit, welche verfliessen soll, ehe der Hieb wieder denselben Waldteil trifft. Bezeichnen wir diese Umlaufszeit mit l, so beträgt die Grösse des in einem Jahre zu

11) Ausser auf die Abhandlung über forstliche Statik in diesem Handbuche sei verwiesen auf Judeich: „Forsteinrichtung", 5. Aufl. 1893 S. 80 flg., sowie auf dessen Abhandlungen im Thar. f. J. 20. Bd. S. 1 und 22. Bd. S. 132 flg. —

durchplenternden Waldteiles $\frac{F}{l}$. Selbstverständlich muss l stets viel kleiner als u sein, wird es gleich 1, so findet die Plenterung jährlich im ganzen Walde statt.

2. Das Grössenverhältnis der Altersklassen.

§ 17. In grösseren Waldungen mit irgend hohem Umtriebe ist es nicht möglich, die Bestände nach ihrer Altersverschiedenheit in jährlicher Abstufung zu trennen, man fasst deshalb eine Anzahl von Altersstufen als Altersklassen zusammen. Die normale Grösse einer solchen Altersklasse wird bedingt durch die Grösse des Jahresschlages (i) und die Anzahl der zusammengefassten Altersstufen. Umfasst eine Klasse alle Bestände von n jähriger Abstufung, so beträgt deren Grösse n i. — Die Anzahl der Altersklassen $\frac{u}{n}$ ist veränderlich. — Will man, was hier und da noch üblich, eine gleiche Anzahl der Altersklassen festhalten, so wird n zu einer veränderlichen Grösse, es wächst mit der Grösse u; man verliert dadurch jede klare Uebersicht über das wirkliche Altersklassenverhältnis eines Revieres mit verschiedenen Umtrieben.

Für n wählt man gern eine runde, mit den Revisionszeiträumen wenigstens insoweit übereinstimmende Zahl, dass sie ein Vielfaches dieser Zeiträume ist. Am einfachsten und übersichtlichsten gestaltet sich das Altersklassenverhältnis, auch in seiner weiteren Entwickelung, wenn man n gleich dem Revisionszeitraum annimmt. Die jüngste Altersklasse bezeichnet man mit I, die im Alter nächstfolgende mit II u. s. w.

§ 18. Im Hochwald mit Kahlschlagbetrieb ist eine Altersklasse $A = ni$, also auch $= n\frac{F}{u}$ oder auch $n\frac{F}{u+w}$, je nachdem der Schlag sofort angebaut wird oder w Jahre liegen bleibt. Das Klassenverhältnis ist ein normales bezüglich der Grösse der einzelnen Altersklassen, wenn diese obiger Bedingung entsprechen. Für n wählt man gewöhnlich 10 oder 20 Jahre, je nachdem man es mit einer mehr oder weniger feinen Wirtschaft zu tun hat.

Beispiel. Ein 1092 ha grosser Wald soll im 90jährigen Umtriebe bewirtschaftet werden. Der Jahresschlag bleibt stets ein Jahr als Blösse liegen. Das normale Altersklassenverhältnis gestaltet sich, wenn $n = 20$, wie folgt:

Blössen	$= \frac{F}{u+1} = \frac{1092}{91} =$	. . . . .	12 ha
A_I (1—20j. Bestände)	$= 12 . 20 =$	. . . . .	240 „
A_{II} (21—40j. „)	$= 12 . 20 =$	. . . . .	240 „
A_{III} (41—60j. „)	$= 12 . 20 =$	. . . . .	240 „
A_{IV} (61—80j. „)	$= 12 . 20 =$	. . . . .	240 „
A_V (81—90j. „)	$= 12 . 10 =$	. . . . .	120 „
			$F = 1092$ ha.

§ 19. Im Hochwald mit Plenterschlag- oder Vorverjüngungsbetrieb ist stets das jüngste und älteste Holz unter einander gemengt. Die dadurch entstehende gemischte Altersklasse nennt man Verjüngungsklasse, A_v. Diese lässt sich nicht ganz scharf abgrenzen, sie enthält Uebergangsformen nach der ältesten und solche nach der jüngsten Altersklasse. Durch die Masse des in ihr enthaltenen Altholzes lässt sich ein ungefährer Massstab gewinnen. Ist mindestens $^1/_5$ des Massenvorrates aus dem alten Bestande zum Zwecke der Vorverjüngung entnommen, so wird er zur Verjüngungsklasse gerechnet; steht höchstens noch $^1/_5$ der Holzmasse des Vollbestandes auf der Fläche, und ist mindestens $^1/_4$ derselben mit Nachwuchs bestockt, so verwandelt sich die Verjüngungsklasse in die jüngste Altersklasse [12]).

12) Diese Vorschrift ist den älteren „Anweisungen für die Taxationsnachträge“ im Kgr. Sachsen entnommen.

Im Alter u tritt der alte Vollbestand durch Entnahme von etwa $^1/_5$ seiner Masse in die Verjüngungsklasse über. Dauert der Verjüngungszeitraum, nach welchem sich A_v in die jüngste Altersklasse verwandelt, m Jahre, so werden die ältesten Bäume des Räumungsschlages u + m jährig. Nimmt man ferner an, dass nach dem Uebertritt des alten Bestandes in die Verjüngungsklasse w Jahre vergehen, ehe die Begründung des neuen Bestandes vollständig erfolgt, so ist wie bei dem Kahlschlagbetriebe der Jahresschlag mit $\frac{F}{u+w}$ zu berechnen. Die Verjüngungsklasse enthält dann die gedachte Blösse, von der jüngsten Altersklasse die 1- bis m — w jährigen Hölzer, ferner die u + 1- bis u + m jährigen Althölzer. Bei sehr langem Verjüngungszeitraum, wenn m — w = oder > n, kommt die jüngste Klasse für sich allein gar nicht vor, selbst ein Teil der zweiten Klasse kann mit in A_v enthalten sein.

Das Grössenverhältnis der einzelnen Altersklassen ist hier allgemein folgendes:

$$A_I = \frac{F}{u+w} \cdot \left(n - (m - w)\right)$$

$$A_{II},\ A_{III} \text{ u. s. w.} = \frac{F}{u+w} \cdot n$$

$$A_v = \frac{F}{u+w} \cdot m.$$

Für den Fall, dass (m — w) = oder > n, wird

$$A_I = \text{Null}$$

$$A_{II} = \frac{F}{u+w} \cdot \left(2n - (m - w)\right)$$

$$A_{III} = \frac{F}{u+w} \cdot n \text{ u. s. w.}$$

Für den Plenterschlagbetrieb, namentlich für den mit natürlicher Vorverjüngung, trägt der gedachte arithmetische Normalzustand noch weit mehr den Charakter des Idealen, als für den Kahlschlagbetrieb. Verjüngungsklasse, älteste und jüngste Altersklasse werden unter sich stets Schwankungen zeigen, sie sind daher nur summarisch in das Auge zu fassen. Das grössere Gewicht ist auf die allmähliche Gestaltung der mittleren Altersklassen zu legen.

Nimmt man für die älteste Altersklasse allgemein s Altersstufen an, so erhält man

$$A_{\text{älteste}} + A_v + A_I = \frac{F}{u+w}\,(s + w + n),$$

oder mit Einbeziehung der zweiten Altersklasse

$$A_{\text{älteste}} + A_v + A_I + A_{II} = \frac{F}{u+w}\,(s + w + 2n);$$

für den Inhalt einer mittleren vollen Klasse bleibt $\frac{F}{u+w} \cdot n.$

Unter der Voraussetzung, dass die Begründung des jungen Bestandes sofort mit dem Eintritte des Altholzes in die Verjüngungsklasse gelingt, eine Voraussetzung, welche meist wohl nur die Anwendung der künstlichen Vorverjüngung gestattet, reduziert sich in obigen Formeln die Grösse w einfach auf Null.

Beispiel. Für den 1092 ha grossen Wald sei u = 90, w = 10 und m = 30, so wird:

A_I = Null . . . . 0 ha

$A_{II} = \frac{1092}{90+10} \cdot (2 \cdot 20 - (30 - 10)) = 218{,}4$ „

$A_{III} = \frac{1092}{90+10} \cdot 20 =$ 218,4 „

$$A_{IV} = \frac{1092}{90+10} \cdot 20 = \quad 218{,}4 \text{ ha}$$

$$A_{V} = \frac{1092}{90+10} \cdot 10 = \quad 109{,}2 \text{ „}$$

$$A_{v} = \frac{1092}{90+10} \cdot 30 = \quad 327{,}6 \text{ „}$$

$$F = 1092 \text{ ha.}$$

Unter Anwendung der Summenformel:

$$A_{V} + A_{v} + A_{I} + A_{II} = \frac{1092}{90+10} \cdot (10 + 10 + 2 \cdot 20) = \quad 655{,}2 \text{ ha}$$

$$A_{III} + A_{IV} \quad = \quad 2 \cdot \frac{1092}{90+10} \cdot 20 = \quad 436{,}8 \text{ „}$$

$$F = 1092 \text{ ha.}$$

§ 20. Der Niederwald wird stets in so kurzem Umtriebe bewirtschaftet, dass eine 20jährige Abstufung der Altersklassen nicht möglich ist. Man setzt deshalb wohl, wie im Königreich Sachsen, $n = 5$, so dass A_I die 1 bis 5jährigen, A_{II} die 6 bis 10jährigen u. s. w. Bestände umfasst. Bei 10jährigen Revisionszeiträumen empfiehlt es sich aber wohl auch hier, n zu 10 Jahren anzunehmen.

Ein Eichenschälwald von 160 ha im 16jährigen Umtriebe wäre normal bestockt, wenn

$$A_{I} = \frac{160}{16} \cdot 5 = 50 \text{ ha}$$

$$A_{II} = \frac{160}{16} \cdot 5 = 50 \text{ „}$$

$$A_{III} = \frac{160}{16} \cdot 5 = 50 \text{ „}$$

$$A_{IV} = \frac{160}{16} \cdot 1 = 10 \text{ „}$$

Unter der Annahme von $n = 10$ würde A_I 100 ha und A_{II} 60 ha umfassen.

§ 21. Der Mittelwald schliesst sich bezüglich des Unterholzes ganz dem Niederwald an. Der Jahresschlag ist $\frac{F}{u}$, und eine n Jahre umfassende Altersklasse ist $\frac{F}{u}n$. Der Teil des Unterholzes, welcher beim Abtrieb zur Ergänzung des Oberholzes übergehalten wird, bildet die jüngste Oberholzklasse. Ist der Umtrieb des Oberholzes U, so beträgt dieser Teil auf einem Schlage $\frac{F}{U}$, für die ganze Unterholzklasse sonach $\frac{F}{U} \cdot n$.

Der Umtrieb des Oberholzes U muss immer ein Vielfaches des Unterholzumtriebes u sein, weil man Oberholz nur zu derselben Zeit wie das Unterholz schlagen kann. Es ist also allgemein $U = um$ und $\frac{U}{u} = m$. Betrachtet man nun die noch im Unterholz enthaltene, jüngste, 1- bis ujährige Oberholzklasse nicht als zum Unterholze gehörig, sondern getrennt, so erhält man für die ujährig abgestuften Oberholzklassen die Anzahl m. Rechnete man die jüngste Oberholzklasse noch zum Unterholze, so würde die Anzahl der Oberholzklassen durch die Formel $\frac{U}{u} - 1$ auszudrücken sein. Dabei ist zu beachten, dass die Oberholzklassen nicht derartig räumlich getrennt sind, wie bei der Kahlschlagwirtschaft oder wie beim Unterholze, sondern auf den Flächen der einzelnen Jahresschläge gemengt vorkommen, so dass jeder Jahresschlag $\frac{1}{u}$ jeder Oberholzklasse enthält.

Unmittelbar vor dem Hiebe finden wir daher

auf dem ältesten Schlage ujähriges Unterholz,
u-, 2u-, 3u- . . . . mu jähriges Oberholz,
„ „ jüngsten „ 1jähriges Unterholz,
1-, u+1-, 2u+1- . . . . . (m—1)u+1jähr. Oberholz.

Die Zwischenstufen reihen sich entsprechend ein, und hat also das Oberholz des normalen Mittelwaldes wie der normale Hochwald eine Altersstufenfolge von 1- bis mu- = 1- bis Ujährigen Bäumen.

Beispiel. Ein 120 ha grosser Mittelwald, dessen U = 120, dessen u = 15, hat 8 Oberholzklassen, von denen sich allerdings nur 7 scharf abheben. Auf dem gerade zum Hiebe vorliegenden, 8 ha grossen Jahresschlage findet sich 15jähriges Unterholz, 120-, 105-, 90-, 75-, 60-, 45-, 30- und 15jähriges Oberholz. Der jüngste Schlag enthält zu dieser Zeit 1jähriges Unterholz, 106-, 91-, 76-, 61-, 46-, 31-, 16- und 1jähriges Oberholz.

Den Flächenanteil jeder Oberholzklasse kann man nur unter der Voraussetzung ermitteln, dass jede Klasse eine bestimmte Fläche beschirmt und dazu eine bestimmte Anzahl von Stämmen besitzen muss. Die jüngste Klasse wird also die meisten, die älteste die wenigsten Stämme haben. Nach Holzart und Standort ist die Beschirmung verschieden. Denkt man sich nun die Altersklassen des Oberholzes nicht gemischt, sondern räumlich geschieden, dann ist der Mittelwald, abgesehen vom Unterholz, unter Beibehaltung derselben Oberholzmenge und desselben Schlusses ein Hochwald mit räumlichem Schlusse. Die den einzelnen Klassen zuzuweisenden Flächenanteile können daher als gleich grosse gedacht werden. Allmählich geht jede jüngere Klasse durch alle folgenden Altersstufen hindurch, bis sie als älteste abgetrieben wird. Die Schirmfläche eines normalen Hauptbaumes bleibt dieselbe, ebenso der normale Schluss, in welchem er zu andern Stämmen steht. Bei jedem Hiebe muss daher auch eine gleich grosse Fläche zum Abtriebe gelangen, auf welcher die neue, jüngste Klasse wieder durch natürliche Verjüngung oder künstlichen Anbau begründet wird. So stellt sich die angenommene Klassenverteilung her.

Der Jahresschlag i ist $= \frac{F}{u}$, die Anzahl der Oberholzklassen $\frac{U}{u} = m$, folglich ist der Flächenanteil jeder Altersklasse auf jedem Schlage $\frac{F}{m\,u} = \frac{F}{U} = \frac{i}{m}$. Da nun der ganze Wald aus u Schlägen besteht, so enthält jede ujährig abgestufte Oberholzklasse im Normalwalde $\frac{i\,u}{m} = \frac{F}{m}$ Flächeneinheiten. Rechnungsmässig verhält sich also die Sache ähnlich wie im Hochwalde, der Unterschied besteht aber in anderer Verteilung der einzelnen Altersstufen, in der räumlichen, durch die Schirmfläche der Einzelstämme und den Schluss bedingten Stellung, endlich darin, dass keine Blösse vorgesehen ist.

Beispiel. Der 120 ha grosse Mittelwald, dessen U = 120, dessen u = 15, hat 8 Oberholzklassen in 15jähriger Abstufung.

Der normale Jahresschlag i ist gleich $\frac{120}{15} = 8$ ha.

Auf jedem Schlage beträgt der Flächenanteil jeder Altersklasse $\frac{i}{m} = \frac{8}{8} = 1$ ha.

Flächengrösse und Verteilung der einzelnen Altersklassen gestalten sich folgendermassen:

Aeltester, 1. Schlag: Unterholz: 8 ha 15jährig.
Oberholz: 1 ha 15-, 1 ha 30-, 1 ha 45-, 1 ha 60-, 1 ha 75-, 1 ha 90-, 1 ha 105-, 1 ha 120jährig.

Nächstfolgender, 2. „ Unterholz: 8 ha 14jährig,
Oberholz: 1 ha 14-, 1 ha 29-, 1 ha 44-, 1 ha 59-, 1 ha 74-, 1 ha 89-, 1 ha 104-, 1 ha 119jährig.

Jüngster, 15. Schlag: Unterholz: 8 ha 1jährig,
Oberholz: 1 ha 1-, 1 ha 16-, 1 ha 31-, 1 ha 46-, 1 ha 61-, 1 ha 76-, 1 ha 91-, 1 ha 106jährig.

Für den ganzen Wald ergibt sich also bei 15jähriger Abstufung des Oberholzes und 5jähriger Abstufung des Unterholzes folgendes normale Klassenverhältnis:

Unterholz:

A_{I}	1— 5	jährig	40 ha
A_{II}	6—10	„	40 „
A_{III}	11—15	„	40 „
			F = 120 ha

Oberholz:

A_{I}	1— 15	jährig	15 ha
A_{II}	16— 30	„	15 „
A_{III}	31— 45	„	15 „
A_{IV}	46— 60	„	15 „
A_{V}	61— 75	„	15 „
A_{VI}	76— 90	„	15 „
A_{VII}	91—105	„	15 „
A_{VIII}	106—120	„	15 „
			F = 120 ha.

Die ganze Waldfläche erscheint sonach einmal an das Unterholz und einmal an das Oberholz verteilt.

Dass die Normalität des Altersklassenverhältnisses im Mittelwalde noch weit mehr idealer Natur ist als im Plenterschlagbetriebe, versteht sich von selbst. Einen arithmetischen Fingerzeig für die Behandlung des Mittelwaldes können wir jedoch immerhin daraus entnehmen[13]).

Durch entsprechende Verteilung des zugehörigen Oberholzes an die Unterholzklassen lassen sich sogenannte Mittelwaldklassen bilden, so dass also sämtliche Klassen auf die Zahl $\frac{u}{5}$ reduziert werden.

Im obigen Beispiel würde die jüngste, d. h. die I. Mittelwaldklasse enthalten:

1— 5	jähriges	Unterholz	40 ha
1— 5	„	Oberholz	5 „
16— 20	„	„	5 „
31— 35	„	„	5 „
46— 50	„	„	5 „
61— 65	„	„	5 „
76— 80	„	„	5 „
91— 95	„	„	5 „
106—110	„	„	5 „
		Summe	40 ha Unter- und 40 ha Oberholz

Die III. Mittelwaldklasse würde enthalten:

11— 15	jähriges	Unterholz	40 ha
11— 15	„	Oberholz	5 „
26— 30	„	„	5 „
41— 45	„	„	5 „
56— 60	„	„	5 „
71— 75	„	„	5 „
86— 90	„	„	5 „
101—105	„	„	5 „
116—120	„	„	5 „
		Summe	40 ha Unter- und 40 ha Oberholz.

§ 22. Im Plenterwald kommen die Altersklassen, wie beim Oberholz im Mittelwalde, nicht getrennt, sondern untereinander gemengt vor. Die Abstufung derselben wählt man zweckmässig gleich der Umlaufszeit l oder als einen Quotienten aus der letzteren.

Die Anzahl der Altersklassen wird daher $\frac{u}{l}$ oder, wenn eine Klasse nur $\frac{l}{m}$ Jahre umfassen soll, $\frac{mu}{l}$.

Beispiel. Ein Plenterwald im Hochgebirge sei 900 ha gross, $u = 150$, $l = 30$, so würde er im Normalzustande fünf Altersklassen enthalten, nämlich

A_{I}	1- bis 30jähriges Holz				$\frac{900 \cdot 30}{150}$	= 180 ha
A_{II}	31- „ 60	„	„	„		= 180 „
A_{III}	61- „ 90	„	„	„		= 180 „
A_{IV}	91- „ 120	„	„	„		= 180 „
A_{V}	121- „ 150	„	„	„		= 180 „ .

13) Zu vergl. W. Weise: „Die Taxation des Mittelwaldes." Berlin 1878. — Judeich, „Die Forsteinrichtung". 5. Aufl. Dresden 1893. S. 107 flg.

Sollte die Abstufung nur $\frac{l}{2}$ betragen. so würden 10 Klassen, jede zu 90 ha vertreten sein müssen, was allerdings als etwas kleinlich für den Plenterwald anzusehen wäre.

8. Die Verteilung der Altersklassen.

§ 23. Noch wichtiger als das Grössenverhältnis der einzelnen Altersklassen ist die richtige räumliche Verteilung derselben. Nur eine solche lässt die Gefahren, welche dem Walde durch Elementarereignisse drohen, wie die Opfer an Zuwachsverlusten durch den Abtrieb unreifer oder durch das Stehenlassen überreifer Bestände möglichst vermindern.

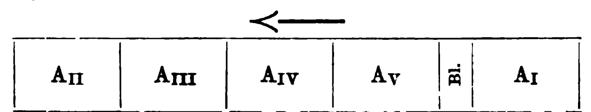
Unter normaler Verteilung der Altersklassen ist jene zu verstehen, welche allen Anforderungen einer richtigen Hiebsfolge entspricht, bei welcher also sich stets die nächstjüngere an die vorhergehende, ältere Klasse in jedem Hiebszuge anschliesst.

In nachfolgenden Figuren geben die Pfeile die Hiebsrichtung an.

Bei einem Kahlschlagbetriebe mit 2jähriger Blösse, dessen u = 100.



Alle u Jahre wiederholt sich dieselbe Gruppierung. Nach 20 Jahren würde die normale Verteilung folgende sein:



Für den Plenterschlagbetrieb, dessen u = 100, m = 30, w = 5.

<——

AII 26—40j.	AIII 41—60j.	AIV 61—80j.	AV 81—100j.	Bl., A_v 1—25j. u. 101—130j.

Nach 20 Jahren:

<——

AIII 46—60j.	AIV 61—80j.	AV 81—100j.	A_v Bl., 1—25j. u. 101—130j.	AII 26—40j.	AIII 41-45j.

§ 24. Für den Niederwald und für das Unterholz des Mittelwaldes gestaltet sich die Sache genau so wie für den Kahlschlagbetrieb im Hochwald, nur dass hier eine normale Blösse nie erscheinen kann.

Das Oberholz eines Mittelwaldes, dessen Unterholz im ujährigen, dessen Oberholz im 8ujährigen Umtrieb bewirtschaftet werden soll, zeigt normal folgende Verteilung, wenn der Schlag 1 jetzt, der Schlag 2 nach einem Jahre, der letzte Schlag u nach u—1 Jahren zum Hiebe kommt:

u.	u—1.	<——	2.	1. Schlag.
Unterholz 1jährig Oberholz:	Unterholz 2jähr. Oberholz:		Unterholz u—1jähr. Oberholz:	Unterholz ujähr. Oberholz:
1/u I. Kl. 1 j.	1/u I. Kl. 2 j.		1/u I. Kl. u—1 j.	1/u I. Kl. ujähr.
1/u II. „ u+1 „	1/u II. „ u+2 „		1/u II. „ 2u—1 „	1/u II. „ 2u „
1/u III. „ 2u+1 „	1/u III. „ 2u+2 „		1/u III. „ 3u—1 „	1/u III. „ 3u „
1/u IV. „ 3u+1 „	1/u IV. „ 3u+2 „	u. s. w.	1/u IV. „ 4u—1 „	1/u IV. „ 4u „
1/u V. „ 4u+1 „	1/u V. „ 4u+2 „		1/u V. „ 5u—1 „	1/u V. „ 5u „
1/u VI. „ 5u+1 „	1/u VI. „ 5u+2 „		1/u VI. „ 6u—1 „	1/u VI. „ 6u „
1/u VII. „ 6u+1 „	1/u VII. „ 6u+2 „		1/u VII. „ 7u—1 „	1/u VII. „ 7u „
1/u VIII. „ 7u+1 „	1/u VIII. „ 7u+2 „		1/u VIII. „ 8u—1 „	1/u VIII. „ 8u „

Die Schläge 1—5 würden eine „Mittelwaldklasse“ bilden, ebenso die Schläge 6—10 und 11—15, wenn nach Voraussetzung des Beispieles in § 21 u = 15.

§ 25. Ein Plenterwald, dessen u = 150, dessen $l = 25$, müsste im Normalzustande unter Annahme von $\frac{150}{25} = 6$ Altersklassen in 25jähriger Abstufung folgende Verteilung zeigen:

<——

3. (halb)	2.	1.
0,2 VI. 126—130j.	0,4 VI. 131—140j.	0,4 VI. 141—150j.
0,2 V. 101—105j.	0,4 V. 106—115j.	0,4 V. 116—125j.
0,2 IV. 76— 80j.	0,4 IV. 81— 90j.	0,4 IV. 91—100j.
0,2 III. 51— 55j.	0,4 III. 56— 65j.	0,4 III. 66— 75j.
0,2 II. 26— 30j.	0,4 II. 31— 40j.	0,4 II. 41— 50j.
0,2 I. 1— 5j.	0,4 I. 6— 15j.	0,4 I. 16— 25j.

Aus dem Schlage 1 würden im nächsten Jahrzehnt alle jetzt 141—150jährigen Bäume zu entnehmen sein, dafür würde nach 10 Jahren der mit 2 bezeichnete Schlag die jetzige Altersklassenverteilung von 1 zeigen u. s. w.

Man kann auch für das Bild des Normalwaldes 5 Schläge mit 5jähr. Altersabstufung entwerfen. Es kommen dann auf jedes Jahrfünft 1,2 Altersklassen, d. s. 6 fünfjährige Altersabstufungen, wie im obigen Schema z. B. die Hälfte des 3. Jahrzehnts zeigt.“

Die Mengung der den verschiedenen Altersklassen angehörigen Bäume kann eine unregelmässige sein oder auch ideal gedacht eine horst- oder streifenweise.

Wie für das Oberholz im Mittelwalde kann natürlich auch für den Plenterwald die hier angegebene Klassenverteilung nur ein ganz ideales, in der Wirklichkeit niemals erreichbares Bild bedeuten. Trotzdem können wir dasselbe nicht gut entbehren, wenn wir überhaupt einen leitenden Gedanken für die Forsteinrichtung gewinnen und nicht planlos wirtschaften wollen. —

Anmerkung. Für die neuerdings vielfach empfohlenen Formen des zwei- oder mehrhiebigen Hochwaldbetriebes lässt sich selbstverständlich ebenfalls ein normales Altersklassenverhältnis entwickeln. Da diese Betriebsformen jedoch bisher sehr wenig praktisch ausgebildet sind, verzichten wir hier um so mehr auf eine solche Entwickelung, als sie nach dem über Hochwald, Mittel- und Plenterwald Gesagten keine Schwierigkeiten bereitet.

V. Der Normalvorrat.

§ 26. Unter normalem Holzvorrat wird jener verstanden, welcher in einem Walde vorhanden ist, dessen Altersklassenverhältnis und Zuwachs normal beschaffen sind. Seine Grösse steht im direkten Verhältnis zum Umtrieb; je höher dieser, desto grösser der Vorrat. Die Berechnung des Normalvorrates erstreckt sich nur auf den Hauptbestand und kann entweder mit Hilfe von Ertragstafeln oder mittelst des Durchschnittszuwachses erfolgen.

1. Hochwald. Kahlschlagbetrieb.

a) Berechnung mit Hilfe von Ertragstafeln.

§ 27. Besässen wir für einen Wald eine einjährig abgestufte Tafel, so wäre die einfache Summe der Massen des 1jährigen, 2-, 3-, 4- u. s. w. bis ujährigen Bestandes gleich dem Normalvorrat eines aus u Flächeneinheiten bestehenden Waldes zur Zeit unmittelbar vor dem Abtrieb des ujährigen Bestandes, zur Zeit des sogenannten Herbststandes.

Mit Hilfe einer njährig abgestuften Tafel kann man einen genügend genauen Näherungswert für den Normalvorrat V_n finden, wenn man die Voraussetzung unterstellt, dass die Bestandsmassen innerhalb der n Jahre arithmetische Reihen bilden. Man erhält dann

Alter	Masse	Masse aller Altersstufen von
0	0	. . . 0 bis exkl. $a = (0 + a)\frac{n+1}{2} - a$
n	a	. . . a „ „ $b = (a + b)\frac{n+1}{2} - b$
2n	b	. . . b „ „ $c = (b + c)\frac{n+1}{2} - c$
3n	c	. . . c „ inkl. $d = (c + d)\frac{n+1}{2}$
4n	d	

Summe $\frac{n+1}{2}(0 + 2a + 2b + 2c + d) - (a + b + c)$.

Hieraus $V_n = n\left(a + b + c + \frac{d}{2}\right) + \frac{d}{2}$ zur Zeit des Herbststandes.

Im Frühjahre, nach dem Abtriebe von d, würde die Summe V_n also exklusive d zu berechnen sein und lautet

$$V_n = n\left(a + b + c + \frac{d}{2}\right) - \frac{d}{2}.$$

Der Wald setzt sich im Frühjahr nicht aus einer Reihe von 1- bis ujährigen, sondern aus einer solchen von 0- bis u—1jährigen Beständen zusammen.

Für Sommersmitte gilt das arithmetische Mittel aus beiden Werten, nämlich

$$V_n = n\left(a + b + c + \frac{d}{2}\right).$$

In diesem Falle setzt sich der Wald aus $^1/_2$- bis u — $^1/_2$jährigen Beständen zusammen.

In einem 100 ha grossen Walde, dessen Bestandsverhältnisse der in § 5 mitgeteilten Ertragstafel entsprechen, beträgt für den 100jährigen Umtrieb, wenn wir die Masse des 10jährigen Bestandes mit 18 fm veranschlagen, der Normalvorrat
für den Herbststand 10(18 + 54 + 113 + 193 + 297 + 394 + 482 + 559 + 620 + 337) + 337 = 10 . 3067 + 337 = 31 007 fm,
für den Frühjahrsstand 10 . 3067 — 337 = 30 333 fm,
„ „ Sommerstand 10 . 3067 = 30 670 fm.

Derselbe Wald von 100 ha im 80jährigen Umtriebe würde für den Sommerstand einen Normalvorrat haben von

$$10\left(18 + 54 + \ldots\ldots + 482 + \frac{559}{2}\right) \cdot \frac{100}{80} = 18\,305 \cdot \frac{100}{80} = 22\,881 \text{ fm.}$$

b) Berechnung mit Hilfe des Durchschnittszuwachses.

Geht man von der Voraussetzung aus, dass der laufende Zuwachs in allen Lebensaltern der Bestände derselbe, und zwar gleich dem Haubarkeits-Durchschnittszuwachs sei, so bildet der Massengehalt aller normal bestandenen Schläge vom jüngsten bis zum ujährigen Alter eine steigende, arithmetische Reihe, deren Summierung den Normalvorrat ergibt.

Bezeichnet a den Inhalt des einjährigen Bestandes, welcher auch gleich ist dem an jedem Bestand erfolgenden einjährigen Zuwachs z, t den Inhalt des ältesten, ujährigen Gliedes, welcher auch gleich ist der Summe des auf allen Schlägen erfolgenden Zuwachses Z, u die Anzahl der Glieder, so ist

für den Herbststand $V_n = (a + t)\frac{u}{2} = \frac{ua}{2} + \frac{ut}{2}$,

hieraus, da $ua = uz = t = Z$

$$V_n = \frac{ut}{2} + \frac{t}{2} = \frac{uZ}{2} + \frac{Z}{2};$$

für den Frühjahrsstand $V_n = (0 + [t-z]) \frac{u}{2} = \frac{ut}{2} - \frac{uz}{2}$

$$V_n = \frac{ut}{2} - \frac{t}{2} = \frac{uZ}{2} - \frac{Z}{2};$$

für den Sommerstand als arithmetisches Mittel aus den vorhergehenden Werten

$$V_n = \frac{ut}{2} = \frac{uZ}{2}.$$

V_n ist daher gleich dem Produkt aus dem Holzgehalte des ältesten Jahresschlages mit der halben Umtriebszeit.

In einem 100 ha grossen Walde, für welchen unsere beispielsweise mitgeteilte Ertragstafel Geltung hätte, wäre für den 100jährigen Umtrieb

der Herbststand von $V_n = \frac{100 . 674}{2} + \frac{674}{2} = 34\,037$ fm,

„ Frühjahrsstand „ $V_n = \frac{100 . 674}{2} - \frac{674}{2} = 33\,363$ „ ,

„ Sommerstand „ $V_n = \frac{100 . 674}{2} = 33\,700$ „ .

Derselbe 100 ha grosse Wald im 80jährigen Umtriebe würde für den Sommerstand einen V_n haben von

$$\frac{80 . 559}{2} . \frac{100}{80} = 22\,360 . \frac{100}{80} = 27\,950 \text{ fm.}$$

Für den Umtrieb des höchsten Massenertrages (§ 13, 2) gibt diese Rechnung stets zu grosse Werte, weil alle unter ujährigen Bestände einen kleineren Durchschnittszuwachs haben als der ujährige Bestand. Für sehr hohe Umtriebe kann das Resultat mit dem der Summierung einer Ertragstafel übereinstimmen, wenn der Durchschnittszuwachs des ujährigen Bestandes zufälligerweise gleich ist dem Durchschnitt des Durchschnittszuwachses aller Bestände. Eine sachverständige Anwendung dieser Rechnung findet trotz ihres Fehlers[14]) ihre Rechtfertigung durch die Annahme, dass jeder jüngere als ujährige Bestand im wirtschaftlichen Sinne nichts anderes als eine Anweisung auf den im uten Jahre fälligen Haubarkeitsertrag sei.

2. Plenter- oder Femelschlagbetrieb.

a) Berechnung mit Hilfe von Ertragstafeln.

§ 28. V_n wird am richtigsten gefunden, wenn man den für den Kahlschlagbetrieb berechneten Vorrat um die Summe des Altholzvorrates in der Verjüngungsklasse vermehrt. Es setzt diese Rechnung voraus, dass die Masse der 1- bis mjährigen Bestände in der Verjüngungsklasse vollständig vertreten sei. Der dadurch entstehende Fehler ist ein für die praktische Anwendung verschwindend kleiner. Den Vorrat des Altholzes in der Verjüngungsklasse berechnet man im Durchschnitt als die Hälfte des Vollbestandes der in dieser Klasse enthaltenen alten Hölzer.

Ein 100 ha grosser Wald mit den Bestandsverhältnissen der Ertragstafel (§ 5) soll im 100jährigen Umtriebe mit 20jährigem Verjüngungszeitraum im Plenterschlagbetrieb bewirtschaftet werden. Bezeichnen wir den Vorrat in A_v mit V_v, so wird der Normalvorrat des Waldes

für den Herbststand $V_n = 10\left(18 + 54 + \ldots + \frac{674}{2}\right) + \frac{674}{2} + V_v = 31\,007 + V_v$.

14) Man hat diesen Fehler durch Anwendung von mittleren Reduktionsfaktoren auszugleichen gesucht. Zu vergl. z. B. Strzelecki in A. F. u. J.Z. 1883, welcher für die Tanne 0,45u, für die Fichte 0,47 u u. s. w. anstatt 0,5 u setzt. Dieser Ausgleich ist immerhin nur ein unvollkommener, weil mathematisch streng genommen jeder Umtrieb einen anderen Faktor verlangen würde.

V_v ist nach obiger Voraussetzung, wenn wir bei dem hier 20jährigen Verjüngungszeitraum für die Massenreihe der u + 1- bis u + m jährigen Bestände eine einfache arithmetische Reihe annehmen, $\frac{\frac{20}{2}(678,6 + 760)}{2} = 7193$. Hiernach $V_n = 31\,007 + 7193 =$ $= 38\,200$ fm.

(Die Grösse 678,6 entsteht aus $674 + \frac{720 - 674}{10}$).

Nach Analogie dieser Rechnung:

Für den Frühjahrsstand $V_n = 10\left(18 + 54 + \ldots + \frac{674}{2}\right) - \frac{674}{2} + \frac{\frac{20}{2}(674 + 756)}{2} =$ $= 37\,482$ fm. (Die Grösse 756 entsteht aus $760 - \frac{760 - 720}{10}$).

Für den Sommerstand $V_n = 10\left(18 + 54 + \ldots + \frac{674}{2}\right) + \frac{\frac{20}{2}(676,3 + 758)}{2} =$ $= 37\,841,5$ fm. (Es entsteht 676,3 aus $\frac{674 + 678,6}{2}$ und 758 aus $\frac{756 + 760}{2}$).

Etwas kleiner erhält man den Normalvorrat, allein für die praktische Rechnung vollständig genau genug, wenn man denselben nach der Ertragstafel so berechnet, wie für einen aus $u + \frac{m}{2}$ Flächeneinheiten bestehenden Wald mit $u + \frac{m}{2}$ jährigem Umtriebe.

Für obiges Zahlenbeispiel würde dann $u + \frac{m}{2} = 110$ und mithin

für den Herbststand $V_n = 10\left(18 + 54 + \ldots + 674 + \frac{720}{2}\right) + \frac{720}{2} = 38\,000$ fm,

„ „ Frühjahrsstand $V_n = 10\left(18 + 54 + \ldots + 674 + \frac{720}{2}\right) - \frac{720}{2} = 37\,280$ „ ,

„ „ Sommerstand $V_n = 10\left(18 + 54 + \ldots + 674 + \frac{720}{2}\right) = 37\,640$ „ .

b) Berechnung mit Hilfe des Durchschnittszuwachses.

V_n wird hier ebenfalls gefunden, indem man der für den Kahlschlagbetrieb ermittelten Grösse noch den Vorrat in *Av* hinzurechnet.

Für den Sommerstandpunkt beträgt letzterer

$$Vv = \frac{\frac{m}{2}\left[(u + \frac{1}{2})\,z + (u + m - \frac{1}{2})\,z\right]}{2}$$

hieraus, da $uz = Z$,

$$Vv = \frac{m}{2}\left(Z + \frac{mz}{2}\right).$$

Der ganze Normalvorrat beträgt demnach

$$V_n = \frac{uZ}{2} + \frac{m}{2}\left(Z + \frac{mz}{2}\right).$$

Für obiges Beispiel berechnet sich hiernach im

Sommerstand $V_n = \frac{100 \,.\, 674}{2} + \frac{20}{2}\left(674 + \frac{20 \,.\, 6,74}{2}\right) = 41\,114$ fm.

Kürzer und für die praktische Anwendung genügend findet man den Normalvorrat, wenn man ihn für den aus u Flächeneinheiten bestehenden, im ujährigen Umtriebe bewirtschafteten Wald so berechnet, als bestünde der Wald aus $u + \frac{m}{2}$ Einheiten und würde im $u + \frac{m}{2}$-jährigen Umtriebe mit Kahlschlag bewirtschaftet.

Der Gesamtzuwachs Z' ist dann $= z\left(u + \frac{m}{2}\right)$ und für den Sommerstand

$$V_n = \frac{\left(u + \frac{m}{2}\right)\left(u + \frac{m}{2}\right)z}{2} = \frac{Z'\left(u + \frac{m}{2}\right)}{2}.$$

Für obiges Zahlenbeispiel sonach, da $u + \frac{m}{2} = 110$,

$$Vn = \frac{110 \,.\, 110 \,.\, 6{,}74}{2} = \frac{741{,}4 \,.\, 110}{2} = 40\,777 \text{ fm.}$$

3. Niederwaldbetrieb.

§ 29. Mit Hilfe von Ertragstafeln oder mittelst des Durchnittszuwachses berechnet sich der Normalvorrat in gleicher Weise wie für den Kahlschlagbetrieb im Hochwalde.

4. Mittelwaldbetrieb.

§ 30. Die Berechnung des Normalvorrates muss für Unterholz und Oberholz getrennt erfolgen. Für ersteres findet sich derselbe nach den bei Besprechung des Kahlschlagbetriebes gegebenen Regeln. Bei der grossen Verschiedenheit und Veränderlichkeit der Oberholzmenge in verschiedenen Mittelwaldbetrieben ist für diese eine Berechnung von V_n nur mit Hilfe sehr künstlicher Voraussetzungen möglich[15]). Kennt man von jeder u-, 2u-, 3u- u. s. w. jährigen Altersstufe des Oberholzes die normale Anzahl der Stämme und den Inhalt der zugehörigen Modellstämme, so kann man durch Interpolation der $u + 1$-, $2u + 1$-, $3u + 1$- u. s. w. jährigen Stämme V_n nach den Regeln der arithmetischen Reihen berechnen. Bezeichnen wir die Massen der einzelnen Altersstufen mit M, so wird

$$V_n = \frac{u}{2}\left(M_{u+1} + M_{2u} + M_{2u+1} + M_{3u} + \ldots\ldots\ldots\right).$$

Beispiel. Ein 120 ha grosser Mittelwald, dessen $U = 90$, dessen $u = 15$, hat sechs Oberholzklassen in 15jähriger Abstufung. Betrachten wir für die Berechnung von V_n die jüngste, 1—15jährige Klasse als im Unterholz enthalten, und nehmen wir ferner folgende Stammzahlen und Inhalte der Modellstämme an:

Alter	Anzahl der Stämme		Inhalt des Modellstammes		Holzmasse der Altersstufe		
16.	600	.	0,002	=	1,2	=	$M_{16} = M_{u+1}$
30.	600	.	0,02	=	12,0	=	$M_{30} = M_{2u}$
31.	500	.	0,025	=	12,5	=	$M_{31} = M_{2u+1}$ etc.
45.	500	.	0,25	=	125,0	=	M_{45}
46.	300	.	0,26	=	78,0	=	M_{46}
60.	300	.	0,50	=	150,0	=	M_{60}
61.	200	.	0,52	=	104,0	=	M_{61}
75.	200	.	0,80	=	160,0	=	M_{75}
76.	100	.	0,83	=	83,0	=	M_{76}
90.	100	.	1,10	=	110,0	=	M_{90}

hieraus

$$V_n = {}^{15}/_2(1{,}2 + 12 + 12{,}5 + 125 + 78 + 150 + 104 + 160 + 83 + 110) = 6268 \text{ fm.}$$

5. Plenterbetrieb.

§ 31. Im normalen, geregelten Plenterbetriebe sind alle Altersstufen wie beim Kahlschlagbetriebe vorhanden, nur deren räumliche Verteilung ist eine andere. Man kann deshalb den Normalvorrat ebenso, wie bei letztgenanntem Betriebe, durch Summierung einer Ertragstafel oder mit Hilfe des Haubarkeits-Durchschnittszuwachses berechnen. Ob die Verminderung des Zuwachses der im Druck stehenden, jüngeren

15) Sehr gründlich erörtert die Berechnung des Normalvorrates Weise in: „Die Taxation des Mittelwaldes.“ Berlin 1878. S. 19 flg.

Altersklassen durch die Vermehrung des Zuwachses der ältesten Klassen infolge deren freier Stellung ausgeglichen wird, darüber fehlen allerdings Erfahrungen.

VI. Verhältnis zwischen Materialvorrat und Zuwachs.

Wir betrachten im folgenden nur den Hochwald-Kahlschlagbetrieb, um eine möglichst einfache Betriebsform zu wählen.

§ 32. Der Zuwachs verteilt sich an den alten Vorrat (V_1) und den neuen Vorrat (V_2) während der Verjüngungsdauer eines Bestandes nach folgenden Gesetzen.

Wird ein Bestand in n gleichen Jahresschlägen verjüngt, so erfolgt ein Teil des jährlichen Zuwachses Z der ganzen Bestandsfläche an V_1, der andere Teil bildet den neuen Bestand oder Vorrat V_2. Setzt man nun zum Zwecke der Ertragsberechnung den laufenden Zuwachs gleich dem Haubarkeits-Durchschnittszuwachs auf der ganzen Fläche, so trifft während der Verjüngungsdauer die eine Hälfte von nZ den Vorrat V_1, die andere Hälfte den Vorrat V_2.

a. Findet der erste Schlag beim Beginn des ersten Jahres statt, so erfolgt in diesem Jahre nur noch $\frac{n-1}{n}$, im nten Jahre nur $\frac{n-n}{n}$, d. h. gar kein Zuwachs an V_1.

Die Summe S beträgt während der n Jahre an V_1

$$S = \frac{n-1}{n}.Z + \frac{n-2}{n}.Z + \ldots\ldots + \frac{1}{n}.Z + \frac{0}{n}.Z = \frac{n-1}{2}.Z.$$

b. Findet der erste Schlag am Schlusse des ersten Jahres statt, so erfolgt an V_1 in diesem Jahre $\frac{n}{n}$, im letzten Jahre 1/n des gesamten Zuwachses. Während der n Jahre beträgt sonach

$$S = \frac{n}{n}.Z + \frac{n-1}{n}.Z + \ldots\ldots + \frac{2}{n}.Z + \frac{1}{n}.Z = \frac{n+1}{2}.Z.$$

Als Mittel aus beiden Werten ergibt sich für Z an V_1

$$S = \frac{n}{2}Z.$$

Der V_2 bildende Zuwachs muss den an V_1 erfolgenden stets zum vollen Z ergänzen, er wird also im Falle $a = \frac{n+1}{2}.Z$, im Falle $b = \frac{n-1}{2}.Z$, im Mittel ebenfalls $\frac{n}{2}Z$ betragen.

Wenn es sich nur um den Anteil von V_1 bei Althölzern handelt und n nicht zu gross ist, so erhält man hienach ein für die Anwendung genügendes Resultat, wenn man während der Verjüngungsdauer dem alten Vorrate die Hälfte jenes Zuwachses zurechnet, welchen der Bestand gehabt haben würde, wenn er nicht abgetrieben worden wäre. Denselben Wert erhält man, wenn man den zu erwartenden Ertrag gleich der Masse eines Bestandes berechnet, welcher um die Hälfte der Abtriebsperiode älter ist als der zum Hiebe vorliegende.

Der jährliche Ertrag (e) des in n Jahren abzutreibenden Bestandes wird, wenn Z den jährlichen Zuwachs der ganzen Fläche und V_1 den jetzigen Vorrat bedeutet, hiernach durch die Formel gefunden

$$e = \frac{V_1 + \frac{Z}{2}.n}{n} = \frac{V_1}{n} + \frac{Z}{2}$$

Beispiel. Ein 10 ha grosser, 80jähriger Bestand, dessen Durchschnittszuwachs 6,99 fm beträgt, soll in 20 Jahren abgetrieben werden. Wie gross ist der Ertrag (e) eines Jahresschlages?

$$V_1 = 6{,}99 \,.\, 80 \,.\, 10 = 5592,\quad Z = 6{,}99 \,.\, 10 = 69{,}9.$$

$$e = \frac{5592}{20} + \frac{69,9}{2} = 314,5 \text{ fm}.$$

Die während der 20jährigen Abtriebsperiode ausfallende Hiebsmasse beträgt sonach 20 . 314,5 = 6290 fm. Die Ertragstafel (§ 5) würde für den $80 + \frac{n}{2}$, also 90 jährigen Bestand 620, in Summe 620 . 10 = 6200 fm ergeben. Dieser Betrag ist etwas kleiner, weil der Durchschnittszuwachs vom 80. Jahre an bereits im Sinken begriffen ist.

Durch Umgestaltung der Formel kann man leicht auch den unbekannten Zeitraum n berechnen, wenn e gegeben ist, wenn es sich also um die Frage handelt, wie lange ein Bestand einen bestimmten jährlichen Ertrag gewähren könne. Es ist

$$n = \frac{V_1}{e - Z/2}.$$

§ 33. Die Verteilung des Zuwachses an V_1 und V_2 während der Umtriebszeit eines ganzen Normalwaldes lehrt folgende Betrachtung.

Alljährlich wird ein u jähriger Bestand mit gleichem Haubarkeitsertrage abgetrieben. Dies ermöglicht allein der an V_1 erfolgende Zuwachs. Gehen wir vom Frühjahrsstand aus, so trifft während der nächsten Umtriebszeit den jetzt 0jährigen Bestand ein u maliger, den jetzt 1jährigen Bestand ein u—1maliger u. s. w., den u—1-jährigen ein 1maliger Jahreszuwachs. Der andere Teil des am Walde erfolgenden Gesamtzuwachses bildet V_2, welcher am Schlusse der Umtriebszeit wieder gleich dem Normalvorrat sein muss. Da nun letzterer bei jährlicher Wegnahme des ältesten Schlages immer erhalten bleibt, so muss der Gesamtzuwachs fortdauernd die entnommene Masse wieder ersetzen; er verwandelt jährlich den Frühjahrsvorrat in den Herbstvorrat. Dieser Gesamtzuwachs Z muss daher im Normalwalde stets dem Inhalte des ältesten Schlages t gleich sein. Wäre $Z > t$, so müsste V wachsen, umgekehrt kleiner werden.

Beispiel. Ein 100 ha grosser Wald, dessen u = 100, besitzt nach der Ertragstafel (§ 5) einen Herbstvorrat von 31 007, einen Sommervorrat von 30 670, einen Frühjahrsvorrat von 30 333 fm. Jährlich wird der älteste Bestand mit einem Ertrage von 674 fm, in u Jahren werden sonach 67 400 fm genutzt. Der Normalvorrat bleibt stets, also auch nach 100 Jahren erhalten. Die Verteilung des in 100 Jahren 100 . 10 (1,8 + + 3,6 + 5,9 + 8,0 + 10,4 + 9,7 + 8,8 + 7,7 + 6,1 + 5,4), oder 100 . 674 = 67 400 fm betragenden Zuwachses an V_1 und V_2 ist daher folgende:

Während der Umtriebszeit wird der ganze alte Vorrat V_1 samt dem an ihm erfolgenden Zuwachs aufgezehrt, letzterer muss daher gleich sein der Differenz zwischen der 100-maligen Jahresnutzung und V_1.

			V_1	Z an V_1
Nach dem Herbstsand	sonach	67 400 —	31 007 =	36 393 fm,
„ „ Sommerstand	„	67 400 —	30 670 =	36 730 „ ,
„ „ Frühjahrsstand	„	67 400 —	30 333 =	37 067 „ .

Die Masse des den neuen Vorrat V_2 bildenden Zuwachses ist nun gleich V_1 oder gleich der Differenz zwischen dem Gesamtzuwachs und dem an V_1 angelegten Zuwachs.

Berechnet man die Grösse mit Hilfe des Haubarkeits-Durchschnittszuwachses, so ergibt sich für den Sommerstand, dass sich genau die eine Hälfte des Gesamtzuwachses an V_1 anlegt, die andere Hälfte aber V_2 bildet.

Beispiel. Normaler Sommervorrat für obigen Wald nach der Formel $\frac{uZ}{2} = \frac{100 . 674}{2} = 33\,700$. Abgetrieben werden in 100 Jahren 100 . 674 = 67 400 fm. Durch den Zuwachs ist also V_1 zu ergänzen mit 67 400 — 33 700 = 33 700 fm. Derselbe Betrag fällt selbstverständlich an V_2.

Eine Berechnung der betreffenden Zuwachsanteile für V_1 und V_2 aus den einzelnen Jahren führt zu denselben Resultaten.

VII. Der normale Hiebssatz (Etat).

§ 34. Unter normalem Hiebssatz wird jene Holznutzung verstanden, welche ein normal beschaffener Wald nachhaltig liefert.

Je nachdem es sich um jährlichen oder aussetzenden Betrieb handelt, unterscheidet man einen jährlichen oder aussetzenden Hiebssatz. Unter periodischem Hiebssatz versteht man die Summe des während eines gewissen Abschnittes der Umtriebszeit erfolgenden Ertrages. Zu unterscheiden ist ferner der Hiebssatz der Abtriebs- von dem der Zwischennutzungen; die Ertragsregelung hat sich vorzugsweise auf ersteren zu stützen. Je nach den verschiedenen Sortimenten kann man von einem Derbholz-, Reisholz-, Nutzholz- u. s. w. Satz reden.

Bezieht man den Hiebssatz nicht direkt auf die Holznutzung, sondern auf die zum Abtrieb gelangende Fläche, so kann man den jährlich oder periodisch entfallenden Anteil des Hiebes an der Gesamtfläche mit Flächensatz bezeichnen.

§ 35. Beim Kahlschlagbetrieb ist die Grösse des normalen Hiebssatzes gleich dem Holzgehalte des ältesten Jahresschlages. Der Flächensatz ist gleich dem Jahresschlage (§ 16), also gleich dem Quotienten aus dem Umtrieb in die bestandene Gesamtfläche $\frac{F}{u}$ oder $\frac{F}{u+1}$ u. s. w. $=$ i. Der Vorrat auf dem fälligen i muss im Normalwalde gleich sein dem Inhalte des ältesten Jahresschlages.

Der periodische Hiebssatz ist gleich dem Produkt aus dem jährlichen Hiebssatz mit der Anzahl der Periodenjahre.

Beispiel. Ein 1000 ha grosser Wald, dem die Ertragstafel (§ 5) entspricht, hat im 100jährigen Umtriebe einen Flächensatz von $\frac{1000}{100} = 10$ ha, wenn der Anbau dem Abtrieb unmittelbar folgt. Der jährliche Hiebssatz an Abtriebsnutzungen beträgt $10 \cdot 674 = 6740$ fm, und der periodische für eine 20jährige Periode $6740 \cdot 20 = 134\,800$ fm.

§ 36. Beim Plenterschlagbetrieb wird jeder Bestand normal im $u + \frac{m}{2}$ jährigen Alter genutzt, wenn m den Verjüngungszeitraum und u jenes Alter bedeutet, in welchem die Bestände angehauen werden, also aus der ältesten Altersklasse in die Verjüngungsklasse übertreten. Es kommt also hier ein dem $u + \frac{m}{2}$ ten Lebensjahre entsprechender Ertrag in Betracht.

Beispiel. Für einen 1000 ha grossen Wald gelte dieselbe Ertragstafel. Es sei $u = 100$, $m = 20$. Das durchschnittliche Abtriebsalter der Bestände ist sonach $100 + \frac{20}{2} = 110$. Der 110jährige Vollbestand liefert 720 fm, die Fläche des gedachten Jahresschlages ist $\frac{1000}{100} = 10$, folglich normaler jährlicher Hiebssatz an Masse $10 \cdot 720 = 7200$ fm.

§ 37. Für den Niederwald berechnet sich der normale Hiebssatz ebenso einfach wie für den Kahlschlagbetrieb als Inhalt des ältesten Jahresschlages. Jährlicher Flächensatz $= \frac{F}{u}$.

§ 38. Im Mittelwald, dessen Unterholzumtrieb gleich u, berechnet sich der jährliche Flächensatz mit $\frac{F}{u}$. Der normale, jährliche Massen-Hiebssatz setzt sich zusammen aus der Masse des Unterholzes auf dem ältesten Schlage, mit Ausnahme jener Bäume, welche als Lassreiser zum Oberholz gehören (also in die I. Oberholzklasse eintreten), aus der Masse der ältesten, Ujährigen Oberholzklasse, endlich aus den Massen der jüngeren Oberholzklassen auf demselben Schlage, welche entnommen werden müssen,

um die Stammzahl dieser Altersstufen auf die der nächsthöheren Klasse zu reduzieren.

Beispiel. In dem Mittelwalde, für welchen im § 30 der Normalvorrat berechnet wurde, findet sich der normale Hiebssatz des Oberholzes, wie folgt:

Der aus mehreren Einzelschlägen bestehende Jahresschlag oder Flächensatz ist $\frac{120}{15}$ $= 8$ ha.

Auf ihm sind zu entnehmen

sämtliche	100 Stämme der	VI.	Oberholzklasse,	Ujährig,	zu 1,10 fm	=	110 fm,
200 — 100 = 100	„ „	V.	„	, 5u jährig	„ 0,80 „	=	80 „ ,
300 — 200 = 100	„ „	IV.	„	, 4u „	„ 0,50 „	=	50 „ ,
500 — 300 = 200	„ „	III.	„	, 3u „	„ 0,25 „	=	50 „ ,
600 — 500 = 100	„ „	II.	„	, 2u „	„ 0,02 „	=	2 „ .
						Summe	292 fm Oberholz.

Diese Summe des normalen Hiebssatzes ist auch gleich der Summe des einjährigen Zuwachses (Z) am Oberholze des ganzen Waldes, denn

$$Z = (0,02 - 0)\,600 + (0,25 - 0,02)\,500 + (0,50 - 0,25)\,300 + (0,80 - 0,50)\,200 + (1,10 - 0,80)\,100 = 292 \text{ fm.}$$

§ 39. Für den Plenterwald könnte man durch Reduktion der einzelnen, auszuplenternden Horste auf $\frac{F}{u}$ einen normalen Satz für Fläche und Masse ermitteln. Gibt man jedoch hier dem Jahresschlag die Bedeutung, welche wir ihm im § 16 beilegten, nämlich die der Fläche $\frac{F}{l}$, welche in einem Jahre zur Plenterung gelangt, so muss der auf dieser Fläche zu entnehmende Ertrag gleich dem normalen Hiebssatz sein. Dieses Verfahren ist das zweckmässigere.

Beispiel. Ein 400 ha grosser, normaler Plenterwald, dessen $u = 120$, dessen $l = 20$, hat einen Jahresschlag von $\frac{400}{20} = 20$ ha. Auf dieser Fläche wären alle 120 jährigen Bäume zu schlagen, von den 100-, 80-, 60-, 40- und 20 jährigen soviel, dass die normale Anzahl der einst 120, 100, 80, 60 und 40 Jahre alt werdenden Bäume gesichert bleibt. Ergibt sich für diese Fällungen ein Ertrag von etwa 1800 fm, so wäre dieser gleich dem normalen jährlichen Hiebssatze. Für eine 10jährige Periode betrüge dann der Flächensatz 200 ha und der Massensatz 18 000 fm.

§ 40. Zwischen dem normalen Hiebssatz einerseits und dem normalen Zuwachs und Vorrat anderseits besteht ein bestimmtes Verhältnis.

Dass der normale Hiebssatz an Haubarkeitsnutzung gleich der Masse des ältesten Jahresschlages sein muss, ist selbstverständlich; er ist aber auch gleich dem jährlichen Haubarkeits-Durchschnittszuwachs aller Bestände und gleich dem gesamten laufend jährlichen Zuwachs aller Bestände.

Wenn der Inhalt des ältesten Jahresschlages $= t$ und der Haubarkeits-Durchschnittszuwachs eines Jahresschlages $= z$ ist, so muss $t = uz$ sein.

Es ist aber t auch gleich der Summe des laufenden Zuwachses am Hauptbestand aller Altersstufen, folglich muss auch der normale Hiebssatz gleich dieser Summe sein.

Beispiel. In einem 100 ha grossen Normalwalde, dessen $u = 100$, wird nach Tafel § 5 jährlich ein 100 jähriger Bestand mit 674 fm Abtriebsertrag genutzt, es ist also

der normale Hiebssatz	= 674 fm
Inhalt des ältesten Schlages t	= 674 „
Summe des Haubarkeits-Durchschnittszuwachses aller Bestände 100 . 6,74	= 674 „
Summe des laufenden Zuwachses aller Bestände 10 (1,8 + 3,6 + 5,9 + 8,0 + 10,4 + 9,7 + 8,8 + 7,7 + 6,1 + 5,4)	= 674 „

Wenn man den normalen Hiebssatz (E_n) durch V_n dividiert und den Quotienten mit 100 multipliziert, so erhält man das Nutzungsprozent oder Zuwachsprozent des Waldes.

Setzt man den laufend jährlichen gleich dem durchschnittlichen Zuwachs, und berechnet man V_n für den Sommerstand mit $\frac{uZ}{2}$, so wird das Nutzungsprozent für den Umtrieb der höchsten Massenproduktion stets doppelt so gross sein, als das Zuwachsprozent des ältesten Bestandes.

Im Alter des höchsten Durchschnittszuwachses ist das Zuwachsprozent $\frac{100}{u}$. Für denselben Umtrieb ist $V_n = \frac{uZ}{2}$, Nutzungsprozent daher $\frac{Z100}{V_n} = \frac{200Z}{uZ} = \frac{200}{u}$.

Die Nutzungsprozente müssen daher wie die Zuwachsprozente mit dem Wachsen von u allmählich kleiner werden.

Da übrigens der durch Summierung einer Ertragstafel gefundene V_n für den in das Jahr des höchsten Durchschnittszuwachses fallenden Umtrieb stets kleiner ist als $\frac{uZ}{2}$, so muss das wirkliche Zuwachsprozent des Waldes für diesen Umtrieb stets etwas grösser sein als $\frac{200}{u}$.

Beispiel nach der Ertragstafel § 5. Höchster Durchschnittszuwachs im 80. Jahre mit 6,99 fm. $V_n = \frac{uZ}{2} = \frac{80 . 559}{2} = 22\,360$ fm. Nutzungsprozent hiernach

$$\frac{E_n}{V_n} . 100 = \frac{55\,900}{22\,360} = \frac{200}{u} = 2{,}50.$$

Das Zuwachsprozent des ältesten, 80jährigen Bestandes beträgt

$$\frac{6{,}99 . 100}{559} = \frac{100}{u} = 1{,}25.$$

Der Sommervorrat beträgt nach der Ertragstafel

$$10\left(18 + 54 + 113 + 193 + 297 + 394 + 482 + \frac{559}{2}\right) = 18\,305 \text{ fm.}$$

Nutzungsprozent des Waldes daher $\frac{559 . 100}{18\,305} = 3{,}05 > \frac{200}{80}$ oder 2,50.

VIII. Betriebsklassen.

§ 41. Die einer und derselben Altersstufen-Ordnung zugeteilten Waldflächen bilden eine Betriebsklasse[16]). Eine Betriebsklasse vereinigt zu einer Schlag- oder Altersstufen-Ordnung alle diejenigen Holzbodenflächen, welche gleichartige Wirtschaftsmassregeln gestatten (Neumeister).

Für den bisher besprochenen Normalwald wurden ganz gleiche wirtschaftliche Verhältnisse aller Glieder desselben vorausgesetzt. Nur Unterschiede der Standortsbonitäten liessen sich zum Zweck dieser Betrachtungen durch Reduktion der Flächen auf eine Bonität ausgleichen.

Grössere Wälder besitzen nur höchst selten eine solche Gleichartigkeit der Verhältnisse. Es ist daher notwendig, sie in mehr oder weniger selbständige Hauptteile zu zerlegen, die eine übereinstimmende Wirtschaft und die Erstrebung eines Normalzustandes gestatten, wie solcher in den vorhergehenden §§ geschildert wurde. Für einen aus mehreren solchen Hauptteilen, Betriebsklassen[17]) zusammengesetzten Wald

---

16) Definition von G. Heyer, „Die Waldertrags-Regelung". 3. Aufl. 1883. S. 34. Zu vergl. daselbst auch S. 196.

17) Höchst wahrscheinlich rührt dieser nicht recht bezeichnende, technische Ausdruck von Hundeshagen her. S. dessen „Forstabschätzung". 1826. S. 183. Für Betriebsklasse kann man auch die Bezeichnung „Wirtschaftsklasse" anwenden.

wäre der Normalzustand dann hergestellt, wenn jede einzelne Betriebsklasse ihrem Normalzustande entspricht.

Ursachen zur Bildung von Betriebsklassen sind folgende:

1. Die Holzart. Sind verschiedene Holzarten nicht in gemischten, sondern in reinen Beständen vertreten, so wird eine Trennung derselben in Betriebsklassen nötig, sobald die eine Holzart eine gänzlich andere wirtschaftliche Behandlung fordert, als die andere, oder wenn der Markt regelmässig mit Sortimenten der verschiedenen Holzarten bedacht werden muss.

2. Die Betriebsart. Die verschiedenen Betriebsarten bedingen bei wesentlicher Verschiedenheit die Bildung verschiedener Betriebsklassen. Man kann nicht Niederwald und Hochwald, Schlagbetrieb und Plenterwald u. s. w. zu einer Klasse vereinigen.

3. Der Umtrieb. Selbst bei derselben Holz- und Betriebsart wird es nötig, gesonderte Betriebsklassen zu bilden, wenn der eine Teil des Waldes eine wesentlich höhere Umtriebszeit verlangt, als der andere. Die Entwickelung eines Altersklassenverhältnisses nach dem Durchschnittsumtrieb hat für die Ertragsregelung keinen oder doch nur einen beschränkten Wert.

Beispiel. Von einem 1400 ha grossen Wald sollen 800 ha im 80jährigen, 600 ha im 120jährigen Umtriebe bewirtschaftet werden. Für den Kahlschlagbetrieb ohne Blösse würde das normale Altersklassenverhältnis lauten:

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI. Altersklasse
I. Betriebsklasse mit u = 120:	100 ha	100 ha	100 ha	100 ha	100 ha	100 ha
II. „ „ u = 80:	200 „	200 „	200 „	200 „	—	—
Summe:	300 ha	300 ha	300 ha	300 ha	100 ha	100 ha

Der Durchschnittsumtrieb würde betragen

$$1400 : \left(\frac{600}{120} + \frac{800}{80}\right) = \frac{1400}{15} = 93^1/_3.$$

Das diesem Umtrieb entsprechende Klassenverhältnis würde folgendes sein:

I. Altersklasse	= 300 ha
II. „	= 300 „
III. „	= 300 „
IV. „	= 300 „
V. „	= 200 „

Würde man nun wirklich ein solches Klassenverhältnis erreichen, so müssten die Bestände der II. Betriebsklasse zu alt werden, und die 94- bis 120jährigen Hölzer würden der I. Betriebsklasse ganz fehlen.

4. Standortsverschiedenheiten können dadurch die Teilung des Waldes in Betriebsklassen bedingen, dass sie die Wahl der Holzart, der Betriebsart und der Umtriebszeit beeinflussen.

5. Bedeutende Reallasten, wie z. B. Streu- und Weideservitute, fordern die Ausscheidung jener Waldteile als besondere Betriebsklassen, welche mit diesen Servituten belastet sind.

Es ist nicht notwendig, dass eine Betriebsklasse örtlich zusammenhänge. Wünschenswert, ja im Sinne einer allen Anforderungen entsprechenden Forsteinrichtung sogar geboten ist es, dass alle die Ertragsregelung direkt betreffenden Rechnungen nach Betriebsklassen getrennt vorgenommen werden. Will man das Beste erreichen, so muss eigentlich für jede Betriebsklasse ein besonderer Wirtschaftsplan aufgestellt und kontroliert werden.

Da nun hierdurch die Wirtschaftsführung, namentlich das ganze Rechnungswesen sehr erschwert wird, ist es Erfordernis der Praxis, mit der Teilung des Waldes in Betriebsklassen nicht zu weit zu gehen. Wegen einer Umtriebsdifferenz von 10 Jahren wird man also im Hochwalde schon deshalb keine solche Trennung vornehmen, weil sich ein Umtrieb überhaupt auf 10 Jahre ab und zu kaum feststellen lässt, und weil er selbst eine veränderliche Grösse ist. Bei der von uns empfohlenen Forsteinrichtung und Ertragsregelung,

welche als „Bestandswirtschaft“ oder zunächst als „Bestandskomplexwirtschaft“ eine grosse Beweglichkeit des Hiebes, also sehr weitgehende Berücksichtigung der wirtschaftlichen Anforderungen des Einzelbestandes gestattet, wird ohnehin oft der eine Bestand wesentlich über, der andere wesentlich unter dem für die Betriebsklasse im allgemeinen angenommenen Haubarkeitsalter abgetrieben. Am allerwenigsten wird man aber, wie es wohl hier und da verlangt worden ist, wegen der lokalen Verteilung der Schläge, oder aus Rücksicht auf gleichmässige Beschäftigung des Hilfspersonals besondere Betriebsklassen bilden, weil sich diese Zwecke weit leichter und einfacher auf andere Weise erreichen lassen.

IX. Ueberführung abnorm beschaffener Waldungen in den Normalzustand.

§ 42. Einen Wald im Normalzustand gibt es wohl überhaupt nicht, namentlich dann nicht, wenn er gross ist und in hohem Umtrieb bewirtschaftet werden soll. Betrachten wir es als Aufgabe der Forsteinrichtung, den abnorm beschaffenen Wald seinem Normalzustande zuzuführen, so müssen wir uns dessen bewusst bleiben, dass dieses ideale Ziel niemals ganz erreicht wird.

Vom Gesichtspunkte der Material-Ertragsregelung allein können nun abnorm sein: a. der Zuwachs, b. das Altersklassenverhältnis und c. der Vorrat. Entweder sind, was wohl der gewöhnliche Fall ist, alle drei Faktoren abnorm, oder es sind eine oder zwei Bedingungen des Normalwaldes erfüllt. Dabei ist wohl zu beachten, dass die Normalität von a und b die von c von selbst zur Folge hat.

Vom Gesichtspunkte der Finanzwirtschaft erscheint als weitere Abnormität die, dass mehrere Bestände Kapitale bilden, welche sich niedriger verzinsen, als der angenommene Wirtschaftszinsfuss verlangt.

Handelt es sich um die Ausgleichung der Abnormitäten, soweit diese praktisch überhaupt möglich ist, so bleibt es sich keineswegs gleich, welcher Weg eingeschlagen, für welche der Abnormitäten zunächst eine annähernde Ausgleichung erstrebt werden soll.

Im wirklichen Wald besteht grundsätzlich ein ähnliches Verhältnis zwischen Zuwachs und Hiebssatz, wie im Normalwalde. Der Zuwachs allein macht den Vorrat zu einem tätigen Wirtschaftskapitale, er ersetzt Jahr für Jahr den genutzten Teil des Vorrates und ergänzt diesen Teil zum Hiebssatze. Es muss also die nächstliegende Aufgabe der Forsteinrichtung sein, den abnormen Zuwachs seiner Normalität näher zu bringen. Allein kann sie diese Aufgabe nicht lösen, sie muss selbstverständlich durch gute Bestands-Gründung und Pflege unterstützt werden. Sie hat aber zu sorgen für möglichst baldigen Abtrieb zuwachsarmer Bestände, dann hauptsächlich für Herstellung der Normalität des Altersklassenverhältnisses bezüglich der Verteilung der Klassen d. h. für Herstellung einer wohl geordneten Hiebsfolge. Einzig und allein diese vermag in Zukunft die Opfer zu vermindern, welche durch vorzeitigen Abtrieb zuwachsreicher, durch verspäteten Abtrieb zuwachsarmer Bestände leider so oft gebracht werden müssen.

Verfolgt man dabei gleichzeitig das Ziel der Herstellung eines normalen Grössenverhältnisses der Altersklassen jeder Betriebsklasse, so wird dadurch die Nachhaltigkeit der Nutzung vollständig genügend gesichert, überdies aber der dritte Faktor des Normalzustandes, der Normalvorrat, von selbst hergestellt. Gelänge es, den Zuwachs und das Altersklassenverhältnis vollständig normal zu gestalten, so fiele uns der normale Vorrat als reife Frucht von selbst in den Schoss. Wir halten es deshalb für einen unrichtigen Weg, die Herstellung des Normalvorrates als erstes Ziel der Einrichtung zu betrachten. Dies um so mehr, weil dieser Vorrat auch bei gänzlicher Abnormität der anderen, wichtigeren Faktoren vorhanden sein kann, wenn z. B. zufällig das Zuwenig einer Altersklasse durch das Zuviel einer anderen Klasse ausgeglichen

wird. Den Normalvorrat kann selbst ein Wald besitzen, welcher nur aus einer einzigen Altersklasse besteht. Dazu kommt noch, dass der Normalvorrat bei manchen Betriebsarten einen Wert für die Ertragsregelung eigentlich gar nicht hat. So ist dies z. B. im Mittelwald der Fall; der im § 30 gegebenen Entwickelung dieses Vorrates für den Mittelwald können wir tatsächlich nur die Bedeutung eines arithmetischen Beispieles zusprechen, welches der Vollständigkeit wegen gebracht werden musste.

Dagegen ist allerdings der Normalvorrat ein recht schätzbares Rechnungshilfsmittel, um das Waldvermögen im Sinne der Material-Ertragsregelung zu messen und dadurch ein summarisches Urteil über die augenblickliche Ertragsfähigkeit des Waldes zu gewinnen. Namentlich gilt dies für manche Betriebsformen, so z. B. für den Plenterschlagbetrieb mit langem Verjüngungszeitraum.

Wollen wir auch den finanziellen Anforderungen der Waldwirtschaft möglichst Rechnung tragen, so müssen wir eine Methode der Einrichtung und Ertragsregelung wählen, welche uns gestattet, die Verhältnisse jedes Einzelbestandes möglichst zu berücksichtigen, wie das namentlich bei der Bestands- bez. Bestandskomplexwirtschaft der Fall ist. Das Ganze muss gesund sein, sagt Pressler sehr richtig, wenn alle seine Teile gesund sind.

II. Anwendungen.

I. Vorarbeiten.

§ 43. Erste Aufgabe des Forsteinrichters ist es, den wirklichen Zustand des Waldes in jeder Beziehung zu ermitteln und übersichtlich darzustellen. Die zu diesem Zwecke auszuführenden Vorarbeiten lassen sich einteilen in geometrische Vorarbeiten (Forstvermessung), in taxatorische Vorarbeiten (Forstabschätzung), in Ermittelung der allgemeinen, äusseren Forstverhältnisse, in Herstellung der Karten und Schriften.

So leicht es möglich ist, die hierher gehörigen Arbeittn systematisch geordnet neben einander zu stellen und vor der Waldeinteilung und Ertragsbestimmung zu besprechen, so untunlich erscheint es doch, sie bei der praktischen Ausführung vollständig getrennt von einander zu halten. Beispielsweise müssen gewisse taxatorische Arbeiten den geometrischen vorausgehen, denn eine Aufnahme der Bestände ist nur möglich, nachdem die Bestandsausscheidung erfolgt ist. Auch erleichtert die Waldeinteilung die geometrische Aufnahme des Details (der Bestände) derartig, dass sie vorausgehen muss. Man wird deshalb die Waldeinteilung zuerst durchführen und hierfür ältere Forstkarten oder eine brauchbare Landesvermessung benutzen. Fehlen diese Unterlagen oder sind sie zu ungenau, so muss man allerdings mit der Ausführung der Waldeinteilung so lange warten, bis die Neuaufnahme des Engros (der Hauptlinien) vorliegt. Es hat also jedenfalls die Ausscheidung und Aufnahme der Bestände erst dann zu erfolgen, nachdem das Waldeinteilungsnetz festgelegt worden ist.

A. Geometrische Vorarbeiten.

§ 44. Aufgabe dieser Vorarbeiten, der sogenannten Forstvermessung, ist es, die geometrischen Unterlagen für Karten und Schriften zu liefern, um besonders die Grösse der Waldfläche, sowie aller einzelnen Teile derselben zu erhalten.

Bezüglich der Ausführung dieser Arbeiten müssen wir hier auf die betreffende Literatur verweisen[18], bemerken dazu nur kurz folgendes:

Als vorbereitende Arbeiten müssen der Forstvermessung vorausgehen die Regelung

18) Baur, „Lehrbuch der niederen Geodäsie." 5. Aufl. 1895. — Kraft, „Die Anfangsgründe der Theodolitmessung". 3. Aufl. (v. Schering) 1895. — Rebstein, „Lehrbuch der praktischen Geometrie, mit besonderer Berücksichtigung der Theodolitmessung." 1868. — Jordan, „Handbuch der Vermessungskunde". 2. Bd. 5. Aufl. 1897. — u. s. w.

der Eigentumsgrenzen des Waldes, wo Waldteile noch mit Servituten belastet sind ebenso die der Servitutsgrenzen. Ferner sind alle jene zu den taxatorischen Vorarbeiten oder zur Waldeinteilung gehörigen Arbeiten vor oder doch gleichzeitig mit der Forstvermessung zu bewirken, welche Flächentrennungen notwendig machen, also Bildung der Betriebsklassen, der Abteilungen, Ausscheidung der Bestände, Trennung der Nichtholzbodenflächen vom Holzboden. Eine ganz bedeutende Erleichterung erfahren die Vermessungsarbeiten, wenn mit Hilfe alter Karten die Waldeinteilung in der Hauptsache vorher durchgeführt werden kann. Wo brauchbare alte Karten fehlen, da muss wenigstens das Einteilungsnetz mit seinen natürlichen und künstlichen Trennungslinien im Walde vor der Aufnahme des Details festgelegt bez. durchgesteckt werden, sobald dies der Stand der Engros-Aufnahme gestattet. Wenn im ebenen Terrain ein rechtwinkeliges Schneisennetz möglich ist, so ist dieses vorher durchzuhauen bez. durchzustecken, ehe die eigentliche Forstvermessung beginnt.

Bis zu welcher Grenze der Flächengrösse Bestandstrennungen vorzunehmen sind, lässt sich im allgemeinen nicht bestimmen. Je feiner die Wirtschaft sein kann und muss, desto weiter wird man mit solchen Trennungen gehen, selten aber wohl unter 0,1 ha, wenn nicht scharf ausgesprochene, bleibende Standortsunterschiede oder gewisse Bestandsformen vorhanden sind, die besondere wirtschaftliche Vorschriften nötig machen.

Die Aufnahme aller Hauptlinien, also der Polygonseiten, der Eigentums- und Reviergrenzen, der Schneisen, der Hauptwege soll mit dem Theodolit erfolgen, deshalb die Messung derselben auch mit Messlatten oder Stahlbändern, und zwar doppelt, ausgeführt werden. Für die Aufnahme des Details, namentlich die der Bestandsgrenzen, genügen Messtisch oder Bussole. Namentlich für gebirgiges Terrain empfiehlt sich bei der Aufnahme des Details die Verwendung einer Kippregel mit Distanzmessungsvorrichtung.

Die Grösse der Wirtschaftseinheiten und der Hauptabteilungen wird durch Koordinatenberechnung ermittelt, während für die Berechnung des Details, der Bestände, ein Planimeter genügt. Im Königreich Sachsen, wo über die Spezialkarte ein Geviertnetz von 100 m Seite (von 1 ha Fläche) gelegt wird, erfolgt die Flächenberechnung meist mit Hilfe des Mikrometers. Der Mikrometer ist eine kleine Glastafel, auf welcher, dem Aufnahmemassstab entsprechend, ein 1 ha grosses und in 100 gleichgrosse Quadrate von je 1 a Grösse, eingeteiltes Quadrat eingeritzt ist. Durch Auflegen des Glastäfelchens auf das Geviertnetz der Spezialkarte und entsprechendes Weiterrücken desselben lässt sich leicht bestimmen, wie viel grosse und kleine Quadrate für die zu berechnende Fläche (den Bestand etc.) in Ansatz zu bringen sind. Die dabei ausserdem in Betracht kommenden Teile der kleinen Quadrate lassen sich bis auf 0,1 a genau einschätzen.

Praktisch von grosser Wichtigkeit ist häufig die Frage, ob ältere Vermessungswerke benutzt werden können oder nicht. Wo eine auf Triangulation beruhende Landesvermessung besteht, kann man diese benutzen und dadurch Kosten und Zeit der Engros-Aufnahme sparen. Wo aber nur ältere Forstkarten vorhanden sind, ist eine genaue Prüfung derselben notwendig, ehe man sich für deren Beibehaltung entscheidet. Fehlerhafte Karten erschweren die künftigen Vermessungsnachträge derartig, dass man oft besser tut, anfänglich die Kosten einer Neuaufnahme nicht zu scheuen.

B. Taxatorische Vorarbeiten.

§ 45. Aufgabe dieser Vorarbeiten, der sogenannten F o r s t a b s c h ä t z u n g, ist die Untersuchung aller inneren Waldverhältnisse, welche auf den gegenwärtigen

Ertrag des Waldes Einfluss haben oder für die Berechnung des künftigen Ertrages wichtig sind.

Die Forstabschätzung hat es daher zu tun mit der Ermittelung der Standorts-, der Bestands-Verhältnisse und der bisherigen Erträge und Kosten.

1. Standortsverhältnisse.

§ 46. Die Güte des Standortes wird bedingt durch das Klima, durch das Terrain, durch den Boden. Von den Eigenschaften des Standortes hängen ab die Wahl der Holzart, der Betriebsart, teilweise auch der Umtriebszeit. Die Erforschung der Standortsfaktoren ist daher sehr wichtig. Standortsbeschreibung und Standortsbonitierung liefern die Unterlagen für die richtige Wahl der Holz- und Betriebsart, sowie der Umtriebszeit, und für die Berechnung der normalen Ertragsfähigkeit einer Betriebsklasse.

In der Hauptsache kann hier verwiesen werden auf die diesem Handbuch unter IV beigegebene Abhandlung über Standortslehre[19]). Nur im einzelnen Falle kann darüber entschieden werden, bis zu welcher Ausführlichkeit mit der Standortsbeschreibung gegangen werden soll.

Auch die beste Beschreibung des Bodens, des Terrains und des Klimas vermag nicht die von diesen Faktoren abhängige Ertragsfähigkeit oder Standortsbonität in bestimmten Zahlen auszudrücken. Um letztere zu gewinnen, führt man die unendlich verschiedenen Bonitäten auf eine mehr oder weniger beschränkte Anzahl von Klassen zurück und misst die Ertragsfähigkeit als Resultat vieler, unsicher zu ermittelnder Faktoren durch den Ertrag selbst mittelst der Holzzuwachs- oder Ertragstafeln.

Dabei kann man ausgehen vom laufenden Zuwachs oder vom Haubarkeits-Durchschnittszuwachs. Wäre das Alter der Haubarkeit nicht eine wechselnde, daher im voraus nie sicher zu bestimmende Grösse, so würde sich letzteres Verfahren deshalb empfehlen, weil es bei der Ertragsregelung besonders darauf ankommt, die Haubarkeitserträge zu bestimmen.

Meist nimmt man fünf Güteklassen für die Standortsbonität an und bezeichnet die beste mit 1, die schlechteste mit 5. Zwischenstufen schieben sich leicht ein. Zweckmässiger ist es dagegen, eine umgekehrte Numerierung zu wählen, nämlich die geringste Bonität mit 1, die beste mit 5 zu bezeichnen, weil dann der höchsten Ertragsfähigkeit auch die höchste Ziffer entspricht. Soll die Rechnung mit reduzierten Flächen (§ 54) durchgeführt werden, dann empfiehlt es sich am meisten, die beste Bonität mit 1 zu bezeichnen, die übrigen aber in Dezimalen auszudrücken, so dass 10 Klassen entstehen, deren schlechteste 0,1 ist.

Zu unterscheiden sind normale und konkrete Bonität. Unter ersterer versteht man die einem gewissen Standorte für die gewählte Holzart, Betriebsart und Umtriebszeit entsprechend höchste, unter letzterer jene, welche der Standort infolge verschiedener auf ihn einwirkender äusserer Einflüsse wirklich besitzt. Normale und konkrete Bonität können übereinstimmen oder nicht. Letzteren Falles kann man die konkrete Bonität auch abnorme nennen. Diese hat der Standort häufig infolge wirtschaftlicher Fehler, z. B. Streunutzung, langdauernde räumdige Stellung von Althölzern bei natürlicher Vorverjüngung u. s. w., oder infolge natürlicher, ungünstiger Verhält-

---

19) Zu vergl. auch: „Anleitung zur Standorts- und Bestandsbeschreibung beim forstlichen Versuchswesen.“ Diese Anleitung wurde von den deutschen forstlichen Versuchsanstalten 1874 in Eisenach vereinbart und findet sich mitgeteilt im J. d. preuss. F. u. J. 1874. 7. Bd. S. 152 flg., ferner in Ganghofer, „Das forstliche Versuchswesen“. 1877. I. Bd. 1. Heft. S. 3 flg.

nisse oder Ereignisse, z. B. Versumpfungen, zu lichte Stellung des Bestandes durch Wind- oder Schneebruch, Waldbrand u. s. w.

§ 47. Für die Ertragsregelung allein ist die Standortsbonitierung nur von untergeordnetem Wert, da sie sehr unsicher ist; grösserer Wert ist auf die Bestandsbonitierung zu legen. Immerhin können wir sie aber nicht entbehren, weil wir sie zur Waldbeschreibung, zur Ermittelung des Grundkapitales, zur Berechnung des normalen Zuwachses und Vorrates brauchen. Auch Grundsteuer-Abschätzungen, Waldwertrechnungen brauchen sie, weil die Ertragsfähigkeit des Bodens von bedeutendem Einfluss auf dessen finanziellen Wert ist.

2. Bestandsverhältnisse.

§ 48. Eine genaue Ermittelung der Bestandsverhältnisse ist von grösster Wichtigkeit, denn sie lehrt uns die Hiebsreife des einzelnen Bestandes, die Ertragsfähigkeit des ganzen Waldes kennen, sie gibt uns die Unterlagen zur richtigen Wahl der Betriebsarten und Umtriebszeiten, soweit diese Wahl überhaupt durch die inneren Waldzustände bedingt ist. Im Bestande selbst spricht sich der Standort aus, wenn nicht Wirtschaftsfehler oder Naturereignisse störend eingegriffen haben.

Als Vorbereitungsarbeiten müssen der Bestandsbeschreibung vorausgehen alle jene Untersuchungen, welche zur Aufstellung von Ertragstafeln nötig sind, die Wahl der Ertragstafeln selbst, die Bestimmung der Massengehalte der ortsüblichen Raummasse. Wir verweisen bezüglich dieser Arbeiten auf die Abhandlung über Holzmesskunde unter XI dieses Handbuches.

Die Bestandsbeschreibung selbst hat sich zu erstrecken auf: Betriebsart, Holzart, Bestockungsgrad, Alter, Entstehung, Masse, Quantitäts- und Qualitäts-, unter Umständen auch Teurungs-Zuwachs, auf Vorrats- (Holz-) und Grundkapital. Die verschiedenen Betriebsarten setzen wir hier als bekannt voraus, bezüglich der Massen- und Zuwachsermittelungen können wir auf die Abhandlung über Holzmesskunde, bezüglich der übrigen Faktoren des Weiserprozentes, Qualitäts- und Teurungs-Zuwachs, Vorrats- und Grundkapital auf die §§ 8—12 dieser Abhandlung verweisen.

§ 49. Holzart. Für reine Bestände genügt die einfache Angabe der sie bildenden Holzarten.

Für gemischte Bestände muss der Grad der Einmischung jeder Holzart angegeben werden. Entweder kann man sich zu diesem Zwecke bestimmter Ausdrücke, wie z. B. „einige“, „mit“, „und“ etc., bedienen, oder man drückt, was sich mehr empfiehlt, den Mischungsgrad in Dezimalen aus.

Die Beschreibung eines Bestandes, welcher annähernd gleichviel Buchen und Tannen enthält, würde z. B. lauten: 0,5 Bu., 0,5 Ta. Ein in den Ziffern entsprechender Menge aus Fichten, Tannen und Buchen gemischter Bestand wäre zu beschreiben: 0,6 Fi., 0,3 Ta., 0,1 Bu.

Sehr geringe, weniger als 0,1 betragende Einmischungen können unberücksichtigt bleiben oder mit dem Ausdruck „einige“ bezeichnet werden. Unter Umständen, wenn es sich um sehr wertvolle Bäume handelt, z. B. um einige alte Eichen, kann es erwünscht sein, die Stammzahl anzugeben.

Die Form der Einmischung kann durch Ausdrücke wie „einzeln“, „horstweis“, „truppweis“, „streifenweis“, „reihenweis“ angegeben werden.

z. B. 0,6 Fi., 0,3 Ta. einzeln und truppweis, 0,1 Bu. einzeln.

Oft ist bei der Mischung besonders anzugeben, ob sie eine bleibende oder vorübergehende ist, ob sie eine besondere forstwirtschaftliche Bedeutung hat, wie z. B. Boden- oder Bestands-Schutzholz.

§ 50. Der Bestockungsgrad eines Bestandes wird am besten in Zehnteilen der gleich 1 gesetzten Vollbestockung angesprochen. Letztere ist zwar kein mathematisch genauer Begriff, immerhin gewähren solche Zahlen doch ein deutlicheres Bild als die sehr relativen Ausdrücke gedrängt, räumlich u. dergl. Bei mangelhafter Bestockung ist neben der Zahl anzugeben, ob der Bestand im allgemeinen lückig ist oder ob mehrfach grössere Lücken (Bruchlöcher) vorhanden sind.

Besondere Bestandsformen, Plenterschläge, Oberholz im Mittelwald u. dergl. können für die Bestandsbeschreibung besondere Ausdrücke nötig machen.

Die nicht bestockten Flächen werden als Blössen bezeichnet. Man versteht unter einer Blösse eine zum Holzboden gehörige Fläche, die nur so wenig älteres oder jüngeres Holz enthält, dass beim Anbau keine Fläche erspart werden kann, also ein Neuanbau erfolgen muss. Bleibende Blössen sollen in einer geregelten Forstwirtschaft nicht vorkommen, denn bleibend holzleere Flächen werden zum Nichtholzboden gerechnet. In der Hauptsache werden die Blössen nur durch kahl abgetriebene Schläge, durch frühere Nichtholzbodenflächen, welche mit Holz angebaut werden sollen, durch zu gleichem Zweck angekaufte oder eingetauschte Feld- oder Wiesenflächen gebildet. Es empfiehlt sich hierfür die Bezeichnung: Blösse (Schlag v. J. 1900) oder Blösse (alter Holzlagerplatz) etc.

Als Uebergangsformen vom Bestand zur Blösse erscheinen noch unvollkommen bestockte Flächen, welche man Räumden nennt. Es sind dem Holzboden angehörige, mit jüngerem oder älterem Holze unvollständig bestockte Flächen. Zu unterscheiden sind bleibende und vorübergehende Räumden. Erstere sind Folge bleibend ungünstiger Standortsverhältnisse (Felsengerölle, nicht zu entwässernde Sümpfe, Hochlagen etc.). Letztere können durch Elementarereignisse, Missraten von Kulturen u. dgl. hervorgerufen worden sein. Die Bestandsbeschreibung muss daher bei jeder Räumde angeben, ob sie eine bleibende oder vorübergehende sei, ebenso das ungefähre Alter des auf ihr wachsenden Holzes.

Es empfiehlt sich, den seit alter Zeit eingebürgerten Begriff der Räumden ganz fallen zu lassen, nämlich die vorübergehenden Räumden entweder zu den Blössen oder zu der geringsten Bestandsbonität zu zählen, die bleibenden Räumden dagegen entweder zu dem Nichtholzboden zu rechnen oder aus ihnen eine besondere Betriebsklasse zu bilden. Letzteres z. B. in den Hochgebirgen mit jenen unvollständig bestockten Flächen, welche den Uebergang von der Waldregion zum waldlosen Gebiet bilden. Aehnlich verhält es sich auch mit manchen Hochmooren, welche nicht entwässert werden können, aber doch noch einigen Holzertrag gewähren. An ähnlichen Vorschlägen in der Literatur fehlt es nicht[20]).

§ 51. Bestandsalter. Eine mathematisch genaue Altersermittelung der Bäume und Bestände ist nur dann nötig, wenn man Unterlagen für Aufstellung von Ertragstafeln oder andere wissenschaftliche Untersuchungen gewinnen will. Für die Berechnung des Altersklassenverhältnisses, für die Bonitierung und für die annähernde Bestimmung der wahrscheinlichen Abtriebszeit eines Bestandes kann man sich zwar mit weniger genauen Ermittelungen begnügen, immerhin ist aber nicht zu übersehen, dass die gewöhnliche Auszählung der Jahresringe in Stockhöhe und Schätzung der im Stock enthaltenen Ringe leicht zu Irrtümern führen kann.

Die Altersbestimmung am Einzelbaum erfolgt am besten, wenn man den Stock in der Art schräg durchsägt, dass der Schnitt womöglich die einjährige Pflanze trifft.

---

20) Zu vergl. u. a. Neumeister, „Altersklassenverhältnis und Umtrieb." Thar. f. J. 30. Bd. S. 29 flg. — Lommatzsch, „Ueber den Begriff der Räumden." Thar. f. J. 31. Bd. S. 222 flg.

Die schiefe Schnittfläche lässt die Ringe deutlicher, nämlich breiter, hervortreten. Doch genügt auch meist die Führung eines Schnittes, der die Baumachse bez. Stockachse senkrecht trifft. Die Schnittfläche ist zu glätten, und namentlich bei Laubhölzern empfiehlt es sich, die Jahrringe durch Befeuchten mit farbigen Flüssigkeiten (verdünnter Alizarintinte, mit Anilin gefärbtem Spiritus etc.) oder durch Bereiben mit etwas Erde deutlicher sichtbar zu machen. Die Zählung der Längstriebe ist nur bei manchen Nadelhölzern, namentlich Kiefern, möglich, übrigens in höherem Alter auch bei diesen nicht mehr ausführbar.

In gleichalten oder annähernd gleichalten Beständen, über deren Entstehungszeit sichere Nachrichten nicht vorliegen, erfolgt die Altersbestimmung wie bei einzelnen Bäumen einfach durch Untersuchung mehrerer Probestämme. Als letztere wählt man nach der Kreisfläche berechnete, arithmetische Mittelstämme.

Bei bedeutenden Altersdifferenzen sind deren Grenzen in der Beschreibung anzugeben, und ist der Bestand jener Altersklasse zuzuschreiben, welcher er nach seinem wirtschaftlichen Charakter angehört. Unsicher bleibt eine solche Bestimmung zwar immer, allein es ist auch ziemlich gleichgültig, ob ein solcher Bestand um 10 oder 20 Jahre zu jung oder zu alt angesprochen wird. Sind einzelne ältere oder jüngere Horste eingesprengt, welche nicht als besondere Bestände ausgeschieden werden, weil sie die Grösse von 0,1 ha nicht erreichen, so ist dies besonders zu erwähnen, ebenso muss dies geschehen, wenn einzelne für einen doppelten Umtrieb übergehaltene ältere Bäume vorhanden sind, oder wenn im Altholze sich Nachwuchs von wirtschaftlicher Bedeutung entwickelt hat.

Selbst bei gleichalten Beständen kann es ausnahmsweise nötig sein, denselben ein wirtschaftliches Alter anstatt des wirklichen zuzuschreiben. Eine verbuttete Vollsaat, welcher nicht durch rechtzeitige Läuterung oder Durchforstung nachgeholfen wurde, oder ein unter langem Drucke befindlich gewesener Unterwuchs, den man überhalten zu können glaubt, oder eine verbissene Kultur, sind vielleicht schon 30 Jahre alt, gehören jedoch ihrem wirtschaftlichen Charakter nach noch zur jüngsten Altersklasse.

In Verjüngungsklassen bedarf es einer besonderen Angabe des Alters für Altholz und Nachwuchs.

Mit der Berechnung eines **mittleren Bestandsalters** oder **Massenalters** für ungleich alte Bestände hat sich die forstliche Literatur mehrfach beschäftigt [21]). Man versteht unter einem solchen Massenalter eines ungleichaltrigen Bestandes dasjenige Alter, welches ein gleichaltriger Bestand erreicht haben müsste, um die nämliche Holzmasse zu ergeben, welche der ungleichaltrige Bestand besitzt.

Hat man eine für die gegebenen Standorts- und Bestandsverhältnisse passende Ertragstafel, so braucht man nur die prädominierende Masse (Hauptbestandsmasse) der Flächeneinheit des ungleichaltrigen Bestandes zu ermitteln und findet in dem dieser Masse zugehörigen Alter der Tafel sein mittleres Bestandes- oder Massenalter.

Ein ungleichaltriger Bestand, für dessen Standort die Ertragstafel des § 5 passt, und dessen Masse des Hauptbestandes 680 fm beträgt, würde ein solches Alter von 100 Jahren haben.

---

21) Karl, C. Heyer, Smalian, Guimbel u. a. — Zu vergl. Karl, „Ausführliche Abhandlung über die Ermittelung des richtigen Holzbestandalters und dessen Einfluss auf die Forstertragsberechnungen.“ 1847. — G. Heyer, „Ueber die Ermittelung der Masse, des Alters und des Zuwachses der Holzbestände.“ 1852, sowie dessen Abhandlung: „Ueber die Bestimmung des mittleren Alters ungleichalteriger Holzbestände“ in Suppl. d. A. F. u. J. IV. Bd. 1862. S. 30 flg. — C. Heyer, „Die Waldertrags-Regelung.“ 2. Aufl. 1862. S. 108 und 3. Aufl. 1883. S. 154 flg. — Baur, „Die Holzmesskunde. Anleitung zur Aufnahme der Bäume und Bestände nach Masse, Alter und Zuwachs.“ 3. Aufl. 1882. S. 413 flg. und 4. Aufl. 1891 S. 425 flg.

Mit Hilfe des Durchschnittszuwachses findet man das mittlere Alter eines ungleichaltrigen Bestandes, wenn man die Masse desselben durch die Durchschnittszuwachse seiner Altersstufen dividiert.

Beträgt die Masse des ungleichaltrigen Bestandes M, sein Durchschnittszuwachs Z, so ist sein mittleres Alter $A = \frac{M}{Z}$. Enthält dieser Bestand drei zu unterscheidende Altersstufen mit den Massen m, m' und m'', deren Alter a, a' und a'' sei, so ist der Durchschnittszuwachs jeder einzelnen Altersstufe $\frac{m}{a}, \frac{m'}{a'}, \frac{m''}{a''} = z, z', z''$. $Z = z + z' + z''$ und $M = m + m' + m''$. Folglich ist $A = \frac{m + m' + m''}{z + z' + z''}$.

Ein Bestand enthalte drei Altersstufen, eine 100jährige mit 2000, eine 60jährige mit 1200 und eine 50jährige mit 800 fm, so ist sein Massenalter

$$A = \frac{2000 + 1200 + 800}{\frac{2000}{100} + \frac{1200}{60} + \frac{800}{50}} = 71,4 \text{ Jahre.}$$

Lassen sich die den einzelnen Altersstufen zugehörigen Flächen ermitteln, so kann man auch in ganz ähnlicher Weise ein Flächenalter berechnen, indem man die Summe der Produkte aus den einzelnen Altern und ihren Flächen durch die Summe der Flächen dividiert. Sind letztere jedoch wirklich getrennt, so ist es viel richtiger, dieselben als besondere Bestände auszuscheiden.

Für die Zwecke der Ertragsregelung halten wir die Berechnung mittlerer Bestandsalter für überflüssig, sobald es sich nur um Kahlschlagbetrieb oder Plenterschlagbetrieb mit kurzem, 10—20jährigem Verjüngungszeitraum handelt. Notwendig oder wünschenswert kann sie werden für den Plenterschlagbetrieb mit langem, 30—50jährigem Verjüngungszeitraum oder dann, wenn man bei der Ausscheidung der Bestände sehr oberflächlich verfährt.

Im ungeregelten Plenterwalde gibt es ein Bestandsalter eigentlich gar nicht, es genügt die Angabe der Grenzen der Altersabstufungen. In mehr oder weniger geregelten Plenterwäldern treten wenigstens die § 22 und § 25 angegebenen Altersklassen etwas schärfer hervor und erleichtern die Einschätzung und Beschreibung der Bestände.

Im Mittelwald ist die Altersangabe nach Ober- und Unterholz getrennt zu halten. Letzteres bestimmt die Klasse (Mittelwaldklasse, § 21 und § 24). Für das Oberholz sind die Grenzen der vorhandenen Altersstufen anzugeben.

Im Niederwalde kann das wirkliche Alter der Bestände fast immer nach der Zeit des letzten Schlages leicht und genau gefunden werden.

§ 52. Entstehung der Bestände. Könnten wir von jedem Bestande die Geschichte seiner Entstehung, also die Art seiner Begründung, die für ihn angewendeten Massregeln der Bestandspflege, etwaige Unglücksfälle, welche ihn getroffen haben, genau nachweisen, so wäre das ein grosser Gewinn, denn wir erlangten dadurch die Möglichkeit, die Erfolge früherer wirtschaftlicher Massregeln oder Folgen früherer Ereignisse sicherer zu beurteilen, als ohne dergleichen geschichtliche Nachweise. Es kann und soll daher Aufgabe der Bestandsbeschreibung sein, derartige geschichtliche Notizen zu sammeln und aktenkundig niederzulegen.

§ 53. Die Bestandsbonitierung hat den Zweck, für die Bestandsbeschreibung eine kurze Bezeichnung durch eine Zahl zu geben, welche den relativ guten oder schlechten Zustand des Bestandes ausdrückt.

Alles kann man in dieser Zahl natürlich nicht wiedergeben. In der einem bestimmten Alter entsprechenden Holzmasse des Bestandes besitzen wir jedoch zur Be-

gründung einer solchen Zahl einen sehr wertvollen Faktor, denn diese Masse ist das Produkt aus Alter und Zuwachs, letzterer ist aber wiederum abhängig vom Standort und von der früheren Behandlung des Bestandes selbst. Diese Zahl ist die Bestandsbonität.

Die Bonitierung der Bestände kann, wie die des Standortes, mit Hilfe von Ertragstafeln oder mit Hilfe des Haubarkeits-Durchschnittszuwachses erfolgen.

Soll die Bonitierung mit Ertragstafeln vorgenommen werden, so bildet man für die zahlreichen Bonitätsverschiedenheiten eine beschränkte Anzahl von Bonitätsklassen, meist 5, und für jede dieser Klassen gilt eine besondere Tafel. Letztere braucht nur das Alter und die Masse des Hauptbestandes anzugeben. Sind für vollständige Ertragstafeln auch über den Zwischenbestand Angaben mindestens sehr erwünscht, so bedürfen doch sogenannte Bonitierungstafeln einer solchen Angabe nicht. Dabei ist nicht zu übersehen, dass in der für ein gewisses Bestandsalter angegebenen Masse des Hauptbestandes auch jene Bäume mit enthalten sind, welche im späteren Alter den Zwischennutzungen zufallen.

Drückt man bei 5 Klassen die einzelnen Bonitätsklassen durch Ziffern aus, so ist es am richtigsten, die geringste Bonität mit 1, die beste mit 5 zu bezeichnen, damit dem höchsten Ertrag auch die höchste Ziffer entspricht. In der Praxis verfährt man indessen wohl fast allgemein noch umgekehrt. Für eine feinere Bonitierung der Bestände im Sinne der Bestandswirtschaft ist es zweckmässig, 10 Klassen anzunehmen.

Natürlich ist es notwendig, für jede Holzart besondere Bonitätstafeln zu haben, ja es kann sogar wünschenswert sein, für dieselbe Holzart zur Anwendung in verschiedenen Regionen ihres Verbreitungsbezirkes (z. B. höhere Gebirgslagen, Vorberge, Ebenen) besondere Tafeln aufzustellen, sogenannte Lokaltafeln. Dieses an sich richtigste Verfahren wird jedoch dadurch unpraktisch, dass dabei für grössere, verschiedene Regionen umfassende Waldgebiete ein verschiedener Massstab zum Zwecke der Bonitierung entsteht, wodurch der Ueberblick über das Bonitätsverhältnis des Ganzen verloren geht. Um dies zu vermeiden, wählt man gewöhnlich für die Waldungen eines Besitzers denselben Massstab, d. h. allgemeine und nicht lokale Tafeln. Es kann dies auch geschehen, wenn man bei weiterer Anwendung derselben, z. B. zur Veranschlagung künftiger Erträge, nicht übersieht, dass ein junger Bestand nicht notwendig während seiner ganzen Lebensdauer in der Bonitätsklasse zu bleiben braucht, in welche er jetzt geschrieben worden ist. Im deutschen Forst- und Jagdkalender sind seit 1901 Ertragstafeln von einigen Hauptholzarten angegeben, die tunlichst den neueren Untersuchungen der forstlichen Versuchsanstalten Rechnung tragen. Hiernach lässt sich nach Lorey's Untersuchungen für die Fichte die nachstehende Bonitätstafel (s. folgende Seite) bringen, wobei die schlechteste Bonität mit 1 und die beste mit 5 bezeichnet worden ist[22]).

Ein 60jähriger Bestand, welcher beispielsweise abgerundet 330 bis 470 fm Masse enthält, würde hiernach der 3. Bonität angehören.

Die jüngeren Bestände, namentlich Kulturen, kann man allerdings nicht nach ihrer Masse ansprechen. Bei solchen wird sich die Beurteilung auf die allgemeinen Wuchsverhältnisse, namentlich auf den Höhenwuchs, stützen müssen. In Beständen gleicher Bonität ist der laufend jährliche Massenzuwachs, wie namentlich Baur[23]) für die Fichte nachgewiesen, proportional dem laufend jährlichen Höhenwuchs, es müssen sich also die Massen zweier verschieden alter, aber gleichen Bonitäten angehöriger Bestände wie ihre Höhen verhalten. Eine grosse Wahrscheinlichkeit spricht übrigens

22) Zu vergl. Anmerkung 1) bei § 5.
23) Baur, „Die Fichte in bezug auf Ertrag, Zuwachs und Form." 1876.

dafür, dass man auch bei anderen Holzarten die Bonitierung einfach nach der Scheitelhöhe vornehmen kann.

Alter	1. Bon.	2. Bon.	3. Bon.	4. Bon.	5. Bon.
Jahre	Festmeter				
10	8	14	20	30	40
20	18	37	60	99	140
30	36	72	112	185	265
40	65	118	177	291	416
50	103	180	267	408	591
60	153	258	370	535	733
70	217	345	473	650	845
80	284	418	563	737	940
90	333	477	638	816	1023
100	370	525	698	885	1095
110	400	565	746	943	1160
120	425	600	790	1000	1218

Hat man einmal bestimmte Bonitätstafeln gewählt, so ist das Geschäft der Bonitierung für Kahlschlagbetrieb und Niederwaldbetrieb ein sehr einfaches. Im Plenterschlagbetrieb bereitet die Verjüngungsklasse einige Schwierigkeiten, denn die Qualität eines solchen Bestandes steht in gar keinem Verhältnis zu seiner Holzmasse. Und doch gibt es ganz gewiss gute, mittlere und schlechte Bestände, welche dieser Klasse angehören. Empfehlenswert ist es deshalb, die konkrete Standortsbonität an Stelle der des Bestandes treten zu lassen, bezüglich des letzteren jedoch im Taxationsmanual zu bemerken, wie der Zustand des Altholzes und der des Nachwuchses beschaffen sei.

Auch im Mittelwalde ist ähnlich wie in der Verjüngungsklasse eine Bonitierung lediglich nach der Masse nicht gut ausführbar, weil der Betrag des Oberholzes ein viel zu schwankender ist. Etwas sicherer ist die Beurteilung des Unterholzes nach der Masse, obgleich auch diese von dem veränderlichen Oberholze abhängig ist. Deshalb empfiehlt es sich auch hier, die konkrete Standortsbonität zu wählen, welche sich in den allgemeinen Wachstumsverhältnissen des Bestandes ausspricht. Sicher ist eine solche Bonitätsziffer allerdings nicht, immerhin aber doch besser als gar keine; denn man müsste es als einen Mangel der Schätzungsarbeiten betrachten, wenn aus ihnen nicht einmal zu ersehen wäre, ob man es mit guten oder mit schlechten Mittelwaldbeständen zu tun hat.

Aehnliches gilt auch für den Plenterwald.

Blössen können selbstverständlich nur einer Standortsbonitierung unterliegen. Den Räumden ist ebenfalls ihre Standortsbonität beizuschreiben, da die Ursachen der Entstehung von Räumden sehr verschieden sind; denn es können Räumden infolge verunglückter oder schlechter Wirtschaftsmassregeln auch auf einem ganz guten Standorte vorkommen.

Die Bonitierung der Bestände nach dem Haubarkeits-Durchschnittszuwachs bietet für manche Methoden der Ertragsregelung grosse Vorteile, so vereinfacht sie wesentlich die Reduktion der Flächen auf eine Bonität. Ein sehr beachtenswerter Mangel einer solchen Bonitierung ist aber der, dass man schon bei den taxatorischen Vorarbeiten Entscheidung über das künftige Haubarkeitsalter der einzelnen Bestände treffen muss, da die Grösse des Durchschnittszuwachses sich mit diesem Alter ändert. Der gegenwärtige, wirkliche Zustand eines Bestandes hat bei dieser Bonitierung nur die Bedeutung einer Hilfsgrösse für die Schätzung des einst zu erwartenden Haubarkeits-Durchschnittszuwachses. Während bei der Bonitierung nach Bonitätsklassen die Frage

eine offene bleibt, ob ein jetzt z. B. der 3. Klasse unserer Ertragstafel zugeschriebener junger Bestand von 10—20 Jahren in seinem 100. Jahre wirklich 698 fm geben wird oder nicht, setzt bei der Annahme eines 100jährigen Umtriebes die Bonitierung mit 6,98 fm Haubarkeits-Durchschnittszuwachs das Eingehen eines solchen Ertrages im hundertsten Jahre voraus.

Man mag die Bestandsbonitierung nach Klassen oder nach dem Durchschnittszuwachs vornehmen, in beiden Fällen kann man, wie bei der Bonitierung des Standortes, normale und konkrete Bonität unterscheiden. Erstere ist diejenige, welche ein Bestand als die seinem Standorte und Alter entsprechend höchste haben müsste. Sie fällt also mit der für gegebene Verhältnisse der Betriebsart und Holzart geltenden konkreten Standortsbonität zusammen. Die konkrete Bonität eines Bestandes ist dagegen jene, welche der Bestand wirklich besitzt. Diese kann niemals über, häufig jedoch unter der normalen stehen.

3. Reduktion auf eine Bonität.

§ 54. Manche Methoden der Ertragsregelung fordern die Reduktion der Flächen der einzelnen Bestände oder Altersklassen auf eine Bonität, um diese Flächen gleichwertig zu machen. Eine solche Reduktion kann nach verschiedenen Rücksichten erfolgen. Entweder kann man der Rechnung die Standorts- oder die Bestandsbonität zu Grunde legen, in beiden Fällen ferner entweder die normale oder die konkrete Bonität. Die Rechnungsform bleibt dabei dieselbe, deshalb sei im folgenden auch nur das eine Verfahren geschildert, und zwar das der Reduktion nach der konkreten Standortsbonität, welches das gewöhnlich übliche ist.

Wendet man solche Bonitätstafeln an, bei welchen sich die Erträge der einzelnen Klassen verhalten wie die ihnen entsprechenden Ziffern, so gestaltet sich die Rechnung sehr einfach, am einfachsten, wenn man die beste Bonität mit 1 bezeichnet, die geringeren in Dezimalen ausdrückt. Auch mit Hilfe des Haubarkeits-Durchschnittszuwachses lässt sich die Rechnung leicht durchführen. Eine genaue Reduktion mit Hilfe von Bonitätstafeln, wie sie in § 53 mitgeteilt wurden, kann nur durch Anwendung der Massen als Rechnungsfaktoren erfolgen, ist also ziemlich umständlich.

Die Reduktion mag nun auf diese oder jene Weise geschehen, so kann man fordern, dass die Summe der einzelnen reduzierten Flächen gleich der wirklichen Flächensumme der Betriebsklasse sei, oder auch von dieser Forderung absehen. Ersteren Falles muss auf die geglichene (geometrisch mittlere) Bonität reduziert werden, letzteren Falles kann zur Reduktion jede beliebige Bonität dienen. Für die praktische Anwendung kann eigentlich nur der zweite Fall in Frage kommen.

Begnügen wir uns hier mit der Besprechung der Reduktion nach einer Ertragstafel, welche die beste Bonität gleich 1 setzt, die schlechteren in Dezimalen von 0,9 bis 0,1 ausdrückt.

Soll die Summe der einzelnen reduzierten Flächen gleich der wirklichen Fläche der Betriebsklasse sein, also auf die geglichene Bonität reduziert werden, so ist zunächst letztere zu berechnen. Dies geschieht, indem man die einzelnen Flächen mit ihren Bonitätsziffern multipliziert und die Summe der so gefundenen Produkte durch die Fläche der Betriebsklasse dividiert.

Die reduzierte Fläche des Einzelbestandes oder Wirtschaftsteiles berechnet sich dann nach dem umgekehrten Verhältnisse zwischen seiner Bonität und der geglichenen.

Beispiel. Ein 200 ha grosser Niederwald im 20jährigen Umtriebe enthalte a) 50 ha mit Bonität 1, b) 20 ha mit Bonität 0,7, c) 100 ha mit Bonität 0,5, d) 30 ha mit Bonität 0,2.

Geglichene Bonität: $\frac{50 \cdot 1 + 20 \cdot 0,7 + 100 \cdot 0,5 + 30 \cdot 0,2}{200} = 0,6.$

Betrag der einzelnen reduzierten Flächen:

a) $0,6 : 1,0 = 50 : x$, hieraus $x = 83,33$ ha
b) $0,6 : 0,7 = 20 : x$, „ $x = 23,33$ „
c) $0,6 : 0,5 = 100 : x$, „ $x = 83,34$ „
d) $0,6 : 0,2 = 30 : x$, „ $x = 10,00$ „

Summe 200,00 ha.

Der reduzierte Jahresschlag wäre in diesem Falle $\frac{200}{20} = 10$, und die Fläche des wirklichen Schlages würde sich ebenfalls nach dem umgekehrten Verhältnis der Bonitäten berechnen, also für

a) $1,0 : 0,6 = 10 : x$, hieraus $x = 6,00$ ha
b) $0,7 : 0,6 = 10 : x$, „ $x = 8,57$ „
c) $0,5 : 0,6 = 10 : x$, „ $x = 12,00$ „
d) $0,2 : 0,6 = 10 : x$, „ $x = 30,00$ „

Sieht man, was für die Anwendung empfehlenswerter ist, von der Forderung ab, dass die reduzierte Gesamtfläche gleich der wirklichen sei, so multipliziert man einfach die Einzelflächen mit ihren Bonitätsziffern, die Summe dieser Produkte gibt die reduzierte Gesamtfläche.

a) $50 \cdot 1,0 = 50$ ha
b) $20 \cdot 0,7 = 14$ „
c) $100 \cdot 0,5 = 50$ „
d) $30 \cdot 0,2 = 6$ „

120 ha Summe der reduz. Gesamtfläche.

Reduzierter Jahresschlag $^{120}/_{20} = 6$.

Wirkliche Jahresschläge:

a) $1,0 : 1 = 6 : x$, hieraus $x = 6,00$ ha
b) $0,7 : 1 = 6 : x$, „ $x = 8,57$ „
c) $0,5 : 1 = 6 : x$, „ $x = 12,00$ „
d) $0,2 : 1 = 6 : x$, „ $x = 30,00$ „.

Man hat also nur die Fläche des reduzierten Jahresschlages durch die wirkliche Bonität des Bestandes zu dividieren, um den wirklichen Betrag seines Jahresschlages zu finden.

4. Notizen über die künftige Bewirtschaftung.

§ 55. Der Bestandsbeschreibung sind ferner zuzufügen vorläufige Notizen über künftige Wirtschaftsmassregeln. Bestimmte Vorschriften bezüglich der letzteren sind allerdings erst das Resultat sämtlicher Einrichtungsarbeiten, allein es ist eine wichtige Aufgabe der taxatorischen Vorarbeiten, an jeden einzelnen Bestand, an jede zur Waldwirtschaft gehörige Fläche des Holz- oder Nichtholzbodens die Frage zu stellen, was mit ihr innerhalb des nächsten Wirtschaftszeitraumes zu geschehen habe. Diese vorläufigen Einzelvorschriften werden und müssen zwar mancherlei Aenderungen und Modifikationen erleiden, wenn bei der Aufstellung des Wirtschaftsplanes die Rücksichten auf das Ganze oder die Rücksichten auf die Abhängigkeit des einen Bestandes von dem anderen massgebend werden, immerhin sind sie jedoch unentbehrlich.

Derartige Notizen betreffen hauptsächlich die Ernte, Gründung und Pflege der Bestände, sowie anderweite Forstverbesserungen.

Die Fragen der Ernte beziehen sich in erster Reihe auf die Hiebsreife und Hiebsfähigkeit der einzelnen Bestände, sowie auf die Loshiebe (§ 76). Ob ein hiebsreifer und hiebsfähiger Bestand wirklich zum Abtriebe kommen soll oder nicht, darüber entscheidet endlich erst der Hauungsplan, ebenso auch über die Ausführung eines Loshiebes. Mancherlei Umstände, welche diese Entscheidung im einzelnen beeinflussen, lassen sich auf der Bestandskarte nicht darstellen, sind auch nicht ohne weiteres aus

der Bestandsbeschreibung zu erkennen, wenn dieser die betreffenden Notizen fehlen. Z. B. können lückige Stellen eines Altholzes, welche mit Nachwuchs bestockt sind, gewisse Hiebsmassregeln (Nachlichtungen) wünschenswert oder nötig machen; ferner kann geboten sein, einzelne Bestände oder Bestandsgruppen zur Erziehung gewisser Sortimente mit dem Hiebe zu verschonen, obgleich sie augenblicklich emtereif und hiebsfähig sind.

Bezüglich der Bestandsgründung sind Notizen über Wahl der Holzart, Wahl der Begründungsmethode, ebenso über die Notwendigkeit von Ausbesserungen zu geben. Letztere setzt man am besten in Bruchteilen oder Prozenten der fraglichen Kulturfläche an, da erstens zur Zeit dieser Arbeiten die Grösse der Kulturflächen oft noch nicht bekannt ist, und da sich erfahrungsgemäss auf solche Weise die Ausbesserungsbedürftigkeit am leichtesten und sichersten einschätzen lässt.

Bezüglich der Bestandspflege kommen beispielsweise Durchforstungen, Läuterungen, Räumungen von Waldrechtern, Aufastungen in Betracht, bezüglich der Forstverbesserungen überhaupt Wegebau und Entwässerungen. Auch dort, wo der Plan zu einem Wegenetz bereits entworfen oder durchgeführt ist, bleiben immer noch einzelne Fragen übrig, welche bei den taxatorischen Vorarbeiten Berücksichtigung verdienen.

Endlich können sich vorläufige Notizen auch auf den Nichtholzboden erstrecken. Eine bessere Arrondierung der Grenzen zwischen Holz- und Nichtholzboden kann Aenderung derselben fordern; es kann in Frage kommen, ob eine Nichtholzbodenfläche, z. B. eine Wiese, ein Teich u. s. w., nicht zweckmässiger Weise dem Holzboden zuzuweisen sei, oder ob nicht andererseits ein Stück des Holzbodens in Feld oder Wiese verwandelt werden müsse.

5. Ermittelung der bisherigen Kosten und Erträge.

§ 56. Den letzten Teil der taxatorischen Vorarbeiten bildet schliesslich die Ermittelung der bisherigen Erträge und Kosten. Diese Ermittelungen haben sich zu erstrecken auf den Material- und Geldertrag der Haupt- und Nebennutzungen, sowie auf die Kosten, und zwar für ganze Reviere oder Betriebsklassen oder einzelne Bestände, unter Umständen auch für die Nichtholzbodenflächen.

Ob und wie weit es möglich ist, mit diesen Ermittelungen das Wünschenswerte zu erreichen, hängt wesentlich von den in früherer Zeit geführten Büchern und Rechnungen ab. Für ganz neue Forsteinrichtungen wird meist nur Ungenügendes geboten sein. Dagegen können allerdings für die späteren Revisionen genügende Unterlagen gegeben werden, wenn die Buchführung wenigstens grundsätzlich eine rationelle ist. Je längere Zeiträume diese Ermittelungen treffen, desto wertvoller werden die gewonnenen Durchschnittsresultate.

Der Materialertrag der Hauptnutzungen für ganze Reviere oder Betriebsklassen soll, wenn irgend tunlich, getrennt nach Holzarten (wenigstens Laubholz und Nadelholz), nach Derbholz, Reisig und Stockholz, getrennt nach Nutz- und Brennholz für längere Zeit zusammengestellt werden. Wichtig ist ferner die Trennung des Gesamtertrages in Abtriebs- und Zwischennutzungen. In gewissen Zeitabschnitten ist auch die Grösse der Holzbodenfläche anzugeben. Eine notwendige Ergänzung finden diese Nachweisungen durch Beifügung der Gelderträge, und zwar des jährlichen Bruttoertrages des Ganzen, der Durchschnittspreise verschiedener Holzarten und Sortimente.

Dasselbe gilt für einzelne Bestände, um detaillierte Angaben zu gewinnen. Hier handelt es sich hauptsächlich um folgende Angaben: Grösse der Schlag- oder Durchforstungsfläche. Herrschende Holzart, Alter und Bonität des Bestandes. Summarischer Material- und Geldertrag, soweit tunlich, getrennt nach Holzarten und Sortimenten.

Von besonderer Bedeutung ist es, Durchschnittspreise verschiedener Sortimente zu gewinnen.

In ähnlicher Weise sind Nebennutzungen zu behandeln, wo sie von Wichtigkeit sind. Dahin gehören z. B. Material- und Gelderträge der Gras- oder Streunutzung aus Beständen, von Schneisen u. s. w., Erträge des Waldfeldbaues. — Die Erträge von Nebengrundstücken, welche gar nicht zur Waldwirtschaft gehören, also von eigentlichen Nichtholzbodenflächen, wie Feldern, Wiesen, Teichen, Steinbrüchen, sind getrennt zu behandeln.

Die Kosten zerfallen in allgemeine und besondere sowohl für Haupt- als für Nebennutzungen.

Zu den allgemeinen Kosten, welche das ganze Revier treffen, und dem Einzelbestande nur nach dem für die Flächeneinheit durchschnittlich berechneten Betrage zur Last geschrieben werden können, gehören Verwaltungs- und Schutzkosten, gewisse Steuern und Abgaben, ferner die Kosten für Wegebau. Die besonderen Kosten sind diejenigen für Bestandsgründung, für manche Forstverbesserungsarbeiten (z. B. Entwässerungen), für Pflege und Ernte, für gewisse Nebennutzungen (z. B. Harznutzung). Die Kosten für Nebenwege, welche nur einzelne Bestände treffen, müssen eigentlich zu den besonderen Kosten gerechnet werden.

Alle Erträge und Kosten sind derartig zusammenzustellen, dass man ermitteln kann erstens für das ganze Revier die Waldrente als Differenz aller baren Ausgaben und Einnahmen, und das Waldkapital als Summe des Boden- und Vorratskapitales, zweitens für die Einzelbestände jene Unterlagen, welche man zur annähernden Berechnung des Weiserprozentes braucht.

C. Ermittelung der allgemeinen, äusseren Forstverhältnisse.

§ 57. Die Resultate jeder Wirtschaft sind abhängig nicht bloss von der Beschaffenheit des Wirtschaftsobjektes selbst, sondern oft auch sehr wesentlich von allgemeinen äusseren Verhältnissen; jede Wirtschaft entwickelt sich folgerichtig aus der Vergangenheit, und die künftige Wirtschaft muss auf der Gegenwart fussen. Die Erforschung aller dieser Verhältnisse und aktenkundige Darstellung derselben ist also wichtige Aufgabe der Vorarbeiten. Sie haben mit einem Worte den Stoff, die sachlichen Unterlagen für die dem Wirtschaftsplane beizufügende „Allgemeine Beschreibung" zu sammeln.

Greifen wir aus dieser umfangreichen Aufgabe nur beispielsweise das Wichtigste heraus, so ergeben sich hauptsächlich folgende Gesichtspunkte.

1. Schilderung der topographischen Verhältnisse. Zum Teil ergibt sich diese aus der Standortsbeschreibung, soweit letztere die geographische Lage, Terrain und Klima betrifft. Es handelt sich aber ferner um Angabe der Gemeinde- und Gerichtsbezirke, um allgemeine Schilderung der Grenzverhältnisse, um Angabe besonderer topographischer Merkwürdigkeiten, von Reisenden oft besuchter Orte u. s. w.

2. Die Geschichte des Waldes hat zu erörtern: Die früheren und gegenwärtigen Besitzverhältnisse. Etwaige Wechsel der Betriebssysteme oder Holzarten. Frühere Absatzverhältnisse. Einfluss ehemaliger Berechtigungen auf die Wirtschaft. Naturereignisse, welche auf den Waldzustand einwirkten. Ehemalige Forstfrevel und deren Einflüsse. Wesen der früheren Forsteinrichtung.

3. Bezüglich der Eigentumsverhältnisse ist besonders die Art des Eigentumes zu besprechen. Ist dasselbe ein beschränktes oder freies? Ist der Besitzer der Staat, eine Korporation oder ein Privatmann? — Belastung des Forstes durch Berechtigungen. — Rechte des Forstes, wie z. B. Trift- und Flössereirecht, Wegerechte

ausserhalb des Waldes, Eigentumsansprüche an andere Waldungen u. s. w.

4. Die Schilderung des allgemein wirtschaftlichen Zustandes der Gegend hat sich hauptsächlich zu erstrecken auf die Marktverhältnisse der Gegenwart (holzkonsumierende Gewerbe, Holzbedarf der Gegend, Transportmittel, Handelsverhältnisse, Konkurrenz u. s. w.), auf die Arbeiterverhältnisse (Stand der Löhne, Mangel oder Ueberfluss an geschickten Waldarbeitern, Stand des Arbeiterversicherungswesens (Kranken-, Unfall-, Alters- und Invalidenversicherung, sonst bestehende Waldarbeiterunterstützungskassen), Gewohnheiten der Arbeiter), endlich auf Umfang und Art der Forstfrevel. Bezüglich aller der hier angedeuteten Fragen können auch Vorschläge zur Beseitigung oder wenigstens Minderung vorhandener Uebelstände Aufgabe des Forsteinrichters sein.

5. Schliesslich können noch anderweite Verhältnisse auf die Wirtschaft Einfluss nehmen, welche in der allgemeinen Beschreibung des Waldes nicht übersehen werden dürfen. An erster Stelle stehen hier besondere Anforderungen des Waldbesitzers. Ist es nötig, für eigene, holzkonsumierende Gewerbe oder als Deputate bestimmte Holzlieferungen zu gewähren? Soll der Wald einen grossen Wildstand erhalten? Sollen gewisse Teile des Waldes zum Vergnügen des Besitzers, zur Verschönerung der Gegend dienen (Parkwirtschaft)? Zweitens sind oft sehr wichtig die finanziellen Kräfte des Besitzers, denn diese entscheiden darüber, welche Mittel für Waldkultur, Wegebau, Entwässerungen u. dgl. verwendet werden können; manchmal erscheint auch vorübergehend ein besonders starker Holzverschlag geboten. Drittens ist zu erörtern, ob vorteilhafte Aenderungen mit dem Forstgrunde selbst vorgenommen werden können, z. B. Arrondierungen durch Kauf oder Tausch, Umwandlung von Holzland in Feld oder Wiese oder auch umgekehrt. Endlich verdienen die Personalverhältnisse, die Diensteinrichtung Beachtung.

D. Karten und Schriften.

1. Die Karten.

§ 58. Für die Vorarbeiten handelt es sich streng genommen nur um Herstellung vorläufiger (interimistischer) Terrain- und Bestandskarten. Wo das Detail mit dem Messtisch aufgenommen wurde, können als vorläufige Spezialkarten die Menselblätter dienen, welche jedoch vor dem Waldgebrauche auf die sogenannten Brouillons zu kopieren sind. Die endgültige Kartierung kann erst nach Vollendung der Waldeinteilung und sämtlicher Vorarbeiten erfolgen. Alle diese Arbeiten greifen jedoch so ineinander, dass es gerechtfertigt ist, sämtliche Karten hier zu besprechen, um das Kapitel über die Karten nicht auseinanderzureissen.

Jede Forsteinrichtung hat zu liefern Spezialkarten, Bestandskarten, Terrain- und Bodenkarten. Andere, wie Hiebszugskarten, Netzkarten u. s. w. halten wir nicht für notwendig.

§ 59. Die Spezialkarte hat den Zweck, das ganze Vermessungswerk, also Reviergrenzen, Wege, Bäche, Abteilungs- und Bestandsgrenzen u. s. w. genau darzustellen, zur Berechnung der Flächen, zur Instandhaltung des Vermessungswerkes durch die sogenannten Vermessungsnachträge, endlich zu Grenzberichtigungen zu dienen.

Obgleich für kleinere An- und Verkäufe ein etwas grösserer Massstab notwendig werden kann, genügt für forstliche Zwecke im allgemeinen ein solcher von 1:5000.

Die Spezialkarte hat zu enthalten:

1. Die Reviergrenzen. Alle Grenzsteine und Grenzpunkte sind genau zu bezeichnen.

2. Das Schneisennetz, die Abteilungsgrenzen. Die Schneisen werden zweckmässig durch zwei feine, schwarze Parallel-Linien bezeichnet, welche eine Reihe schwarzer Punkte einschliessen. Solche Punkte werden auch auf Wege oder Bäche gezeichnet, welche Abteilungsgrenzen bilden.

3. Die Bestandsgrenzen.

4. Die Sicherheitssteine (§ 75).

5. Die Nichtholzbodenflächen, die einfachen Wege und Bäche.

6. Andeutungen über die angrenzenden Grundstücke bis auf etwa 100 m Entfernung von der Grenze.

7. Schrift. Dieselbe gibt im Titel den Namen des Revieres, Grösse desselben oder des auf einem Kartenblatt enthaltenen Teiles. Jahr der Aufnahme. In Umschrift Benennung der angrenzenden Fluren, Nummern der Grenzzeichen, Angabe der angrenzenden Kulturgattungen. Die innere Schrift hat zu geben: Abteilungsnummern, Bestandsbuchstaben. Nichtholzbodenbuchstaben mit anderer (roter) Tinte. Nummern der Sicherheitssteine. Buchstaben und Nummern der Wirtschaftsstreifen und Nebenschneisen. Benennung der Wege, Gewässer und besonders wichtiger Punkte. Dabei empfiehlt es sich, zum Zwecke der leichteren und sichereren Flächenberechnung an den Wegen deren wirklich gemessene Breite anzuschreiben.

8. Eventuell Höhenkurven, welche zur Projektion von Wegen oder längeren Gräben dienen. Bei wenig geneigtem Terrain kann der Abstand der Horizontalkurven 5 m, bei steilerem Terrain 10 m betragen[24]).

Wo trigonometrische Aufnahme stattgefunden hat, wie es eigentlich stets sein sollte, kann zwar das Engros des Vermessungswerkes im Falle des Verlustes einer Karte stets aus den Manualen wieder neu hergestellt werden, immerhin empfiehlt es sich jedoch, schon der Detailaufnahme wegen, zwei Exemplare der Spezialkarte zu zeichnen, von denen die eine für den Gebrauch dient, die andere an besonders geschütztem Orte aufbewahrt wird. Die letztere, der sogenannte Brouillon, ist eine Karte, die auf mit dünner aber fester Pappe unterzogenem Zeichenpapier ausgeführt wird. Lässt man die Brouillonblätter längere Zeit vor dem Gebrauch herstellen und liegen, so wird der Einlauf verschwindend klein, was natürlich für eine Originalkarte von grossem Wert sein muss. Von dem Brouillon sind die Kopien für den Gebrauch der Revierbeamten auf mit Leinwand unterzogenem Papier herzustellen.

§ 60. Die Bestandskarte hat den Zweck, ein übersichtliches Bild von der Form und dem jeweiligen Zustande des Revieres zu geben. Für sie genügt ein Massstab von 1:20000. Zur Erfüllung ihres Zweckes hat sie folgendes zu enthalten:

1. Das Bild der vorhandenen Holz- und Betriebsarten und der Verteilung der Altersklassen. Diesem Hauptzwecke müssen alle anderen Rücksichten nachstehen. Für den Hochwald erhalten die verschiedenen, bestandbildenden Holzarten verschiedene Farben, z. B. Fichten schwarz, Buchen gelb u. s. w. Die verschiedenen Altersklassen werden durch verschiedene Töne derselben Farbe, und zwar die jüngste Klasse durch den lichtesten, die älteste durch den dunkelsten Ton ausgedrückt.

Die Verjüngungsklassen werden durch schwarz punktierte Linien auf lichtem Tone charakterisiert.

---

24) In Hannover hat man die Kurven auf Karten im Massstab von 1 : 5000, in Baden von 1 : 4000. Die grossherzogl. Badensche Dienstanweisung über Vermarkung und Vermessung der Waldungen von 1874 schreibt allgemein einen Vertikalabstand von 6 m vor. Eine eingehende Instruktion über das Zeichnen pp. der Spezialkarte gibt Neumeister in der „Forsteinrichtung der Zukunft“. 1900. S. 34 flg.

Nieder- und Mittelwald werden grün angelegt, ersterer ohne, letzterer mit eingezeichneten Bäumchen.

Beigemischte Holzarten werden durch Einzeichnung kleiner Bäumchen verschiedener Form und Farbe angegeben.

Plenterwald ist mit der Farbe seiner Hauptholzart anzulegen, durch Einzeichnung bestimmter Zeichen zu charakterisieren.

Blössen bleiben unkoloriert. Räumden ebenfalls, erhalten aber die Einzeichnung kleiner Bäume.

Die Hiebsorte des nächsten Jahrzehntes werden als Nachverjüngungen (Kahlschläge) durch ausgezogene, als Vorverjüngungen (Plenterschläge) durch punktierte, weisse Linien kenntlich gemacht. Im Nieder- und Mittelwald unterstreicht man den Bestandsbuchstaben weiss.

2. Nichtholzbodenflächen, Wege, Gewässer, Schneisen und Wirtschaftsstreifen, Grenzen u. s. w. sind ebenso, oder ähnlich, wie auf der Spezialkarte einzuzeichnen. Grenz- und Sicherheitssteine werden nicht angegeben.

3. Die Schrift wird ähnlich der der Spezialkarte ausgeführt. Nummern der Abteilungen und Buchstaben der einzelnen Bestände sind die Hauptsache. Den Bestandsbuchstaben kann man die Bonitätsziffern beifügen und zwar unten am Buchstaben, wenn der Bestand der jüngeren Hälfte seiner Altersklasse (bei einem Jahrzwanzigt das jüngere oder untere Jahrzehnt), oben, wenn er der älteren Hälfte angehört.

Auf der dem § 84 beigefügten Karte bedeutet z. B. $1a_2$, dass dieser Bestand im Alter von 1—10 Jahren steht und der zweiten Bestandsbonität angehört[25]).

Die Bestandskarte ist in mehreren Exemplaren anzufertigen und bei jeder 10-jährigen Revision zu erneuern. Deshalb empfiehlt es sich, das voraussichtlich Bleibende der Zeichnung und der Schrift lithographieren oder durch Aubeldruck[26]) vervielfältigen zu lassen.

§ 61. Terrain- und Bodenkarte. Die Terrainkarte soll die Terrainverhältnisse darstellen. Als Vorarbeit ist sie für den Entwurf des Schneisennetzes unentbehrlich. Entweder zeichnet man nur die Horizontalkurven in bestimmten Abständen ein und schreibt die Höhen an, oder sie werden nach der sogenannten Lehmann'schen Methode gezeichnet, nur etwas lichter gehalten. Letztere gewährt einen deutlicheren Ueberblick über die gesamten Terrainverhältnisse, erleichtert deshalb den Entwurf des Einteilungsnetzes. — Der Massstab ist derselbe, wie der der Bestandskarte.

Die Bodenkarte hat den Zweck der bildlichen Darstellung der verschiedenen Gebirgsarten. Sie lässt sich mit der Terrainkarte vereinigen, weil die Gebirgsarten durch lichte Farbentöne unterschieden werden können, und weil für diese Karte auch derselbe Massstab genügt. Auch eine graphische Darstellung der Standortsbonitäten durch punktierte Umgrenzungslinien kann auf ihr Platz finden.

Im Königreich Sachsen gibt die „geognostische Terrainkarte“ eine Uebersicht von Terrain, Gebirgs- und Bodenarten und von der Standortsbonitierung. Die Gebirgs- und Bodenarten sind entsprechend farbig ausgetuscht, das Terrain ist nach der Lehmann'schen Methode eingezeichnet und die Standortsbonitätsgrenzen sind grün punktiert — die Boni-

---

25) Viel vollständigere, in Farbendruck ausgeführte Bestandskarten wurden als Beispiele veröffentlicht in Judeich: „Forsteinrichtung“. 5. Aufl. 1893. Ferner in Rossmässler: „Der Wald“. 3. Aufl. herausg. v. Willkomm, 1881, zu dem von Judeich darin verfassten Kapitel: „Die Arbeit des Forstmannes“. Eine eingehende Instruktion zur Herstellung der Bestandskarte gibt Neumeister in der „Forsteinrichtung der Zukunft“. 1900. S. 46 flg.

26) Zu vergl. Neumeister: „Die Verwendung des Aubeldruckes“. Thar. f. J. 36. Bd. S. 68.

täten mit römischen Ziffern rot beschrieben —. Auch werden hier für das Hilfspersonal zum Waldgebrauch noch besondere „Uebersichtskarten“ aus Lithographien hergestellt, indem der Grenzrand und die Nichtholzbodenflächen ausgetuscht, die Abteilungen, Bestände und Nichtholzbodenflächen beschrieben werden.

2. Die Schriften.

§ 62. Die zu den Vorarbeiten gehörigen Schriften sollen das durch diese Arbeiten gewonnene Material in übersichtlicher Weise zusammenstellen. Im weiteren Sinne des Wortes müsste man eigentlich alle zum Zwecke der Zuwachs- und Massenberechnungen geführten Manuale hierher rechnen. Sehen wir indessen von diesen ab, so handelt es sich in den meisten Fällen nur um das Taxationsmanual, die Standorts-Klassentabelle, die Bestands-Klassentabelle mit Klassenübersicht, die Abnutzungstabelle und das Grenzregister.

Unter Umständen können allerdings noch mancherlei andere Uebersichtstabellen in Frage kommen, z. B. beim Waldfeldbaubetrieb über Kosten und Erträge der landwirtschaftlichen Nebennutzungen, beim Schälwaldbetrieb über Rindennutzung und dergl. mehr.

§ 63. Das Taxationsmanual ist die Grundlage für alle weiteren Arbeiten, es sind in ihm alle durch die geometrischen und taxatorischen Vorarbeiten gewonnenen Zahlen und Notizen über den forstlichen Tatbestand und alle Bemerkungen über künftige Bewirtschaftung niederzulegen, welche man für die späteren Arbeiten zu brauchen gegedenkt. Eine tabellarische Form schützt am sichersten gegen das Uebersehen wesentlicher Dinge. Wir empfehlen etwa folgende Fassung[27]):

(Taxations-Manual siehe nebenstehend.)

Nachstehendes Beispiel bedarf nur weniger Erläuterung.

Die zur späteren Berechnung des Weiserprozentes bestimmten Rubriken für Qualitätsziffer und Zuwachsprozent sind natürlich nur bei jenen Beständen auszufüllen, deren Weiserprozent überhaupt in Frage kommen kann.

Das für den Waldgebrauch bestimmte Taxations-Manual ist in Viertelbogengrösse anzulegen.

Für jede Abteilung sind zunächst zwei gegenüberstehende Seiten bestimmt. Die linke Seite schliesst am besten mit der 10. Spalte „Bemerkungen“ ab (s. das angegebene Schema des Taxations-Manuals) und die rechte Seite beginnt dann mit der 11. Spalte „Bezeichnung“.

Dem Nichtholzboden sind am Schlusse des Manuales die für nötig erachteten Bemerkungen zu widmen.

Das gegebene Beispiel enthält andere Angaben, als für das später der Ertragsbestimmung gewidmete Beispiel gelten, um Verschiedenheiten zu bringen.

§ 64. Die Standorts-Klassentabelle oder Standorts-Tabelle, welche eine Uebersicht der Bonitäten des Standortes geben soll, muss für jede Betriebsklasse besonders zusammengestellt werden, da die Standortsbonität eine relative für Holz- und Betriebsart ist.

Nachfolgendes Schema, welches sich bezüglich der Zahlenangaben an das im § 84 für die Ertragsbestimmung gegebene Beispiel anschliesst, bedarf einer weiteren Erläuterung nicht.

Da den verschiedenen Standortsbonitäten bestimmte Grössen des Haubarkeits-Durchschnittszuwachses entsprechen, so ergibt die Tabelle auch die Grösse des gesamten, dem Standort entsprechenden Durchschnittszuwachses einer Betriebsklasse oder eines ganzen Revieres. Der wirklich vorhandene Haubarkeits-Durchschnittszuwachs

27) Dieses Beispiel eines Taxationsmanuales ist wörtlich entnommen aus Neumeister, „Die Forsteinrichtung der Zukunft“. 1900. S. 97.

Taxations-Manual.

Standort: Grundgebirge Gneis. Nord-West-Hang. Der Boden ist ziemlich flachgründig, frisch und lehmig. Die Bodendecke besteht aus Heidelbeerkraut und Moos.

Bezeichnung	Grösse ha	Grösse a	Holzart etc.	Jahre	Klasse	Standort	Bestand		auf 1 ha fm	jetzige	nach 10 Jahren	Zuwachsprozent für das nächste Jahrzehnt a	Zuwachsprozent für das nächste Jahrzehnt b			Ausbesserungsdürftigkeit a	Ausbesserungsdürftigkeit a	Notizen über die künftige Bewirtschaftung
1a.	8	50	0,7 Fi. 0,2 Ta. 0,1 Lä.	10	I.	VIII.	8	0.8	.	.	.	.	.			—	10	Mit Lärche auf einer Lücke.
b	3	50	Blösse.	.	.	VIII.	.	.	.	.	.	.	.			.	.	Zur Kultur mit Douglastanne u. Fichte, so dass eine Douglastanne stets von 4 Fichten umgeben ist. Bei den Durchforstungen später hauptsächlich nur Fi. zu entnehmen.
c.	10	25	0,5 Fi. 0,3 Ta. 0,2 Bu.	100	X.	VI.	5	0,5	430 N. 100 L	8 7	9 7	1,5	1,(			.	.	Etwa 0,7 der Fläche zum Hieb in 2 Schlägen.
d.	3	—	Fi. ei. Bi.	35	IV.	VI.	6	0,6	.	.	.	.	.				.	Zur Durchforstung unter gleichzeitiger Entnahme der Birken.
1.	25	25	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	1	—	10	

ist natürlich nach Massgabe der Bonitäten und des Alters der verschiedenen Bestände ein anderer.

Bezeichnung	Holzart, bez. Betriebsart	Standortsklassen										Summe		Gebirgs- und Bodenarten			
		1. Bonität (geringste)		2. Bonität		3. Bonität		4. Bonität		5. Bonität (beste)				Granit		Gneiss	
		ha	a	ha	a	ha	a	ha	a	ha	a	ha	a	ha	a	ha	a
1.	Fichten-Hochwald	—	—	13	60	—	—	—	—	—	—	13	60	—	—	13	60
2ª.	„	—	—	7	20	—	—	—	—	—	—	7	20	—	—	7	20
2ᵇᶜ.	„	—	—	—	—	12	32	—	—	—	—	12	32	12	32	—	—
3.	„	—	—	—	—	20	00	—	—	—	—	20	00	20	00	—	—
4ªᵇ.	„	—	—	—	—	11	68	—	—	—	—	11	68	11	68	—	—
4ᶜ.	„	—	—	5	60	—	—	—	—	—	—	5	60	5	60	—	—
5ªᶜ.	„	—	—	—	—	7	52	—	—	—	—	7	52	7	52	—	—
5ᵇ.	„	—	—	11	68	—	—	—	—	—	—	11	68	11	68	—	—
6ªᵇᵈ.	„	—	—	—	—	—	—	12	16	—	—	12	16	12	16	—	—
6ᶜ.	„	—	—	—	—	2	72	—	—	—	—	2	72	2	72	—	—
7ªᵇ.	„	—	—	—	—	—	—	12	16	—	—	12	16	12	16	—	—
7ᶜ.	„	—	—	—	—	2	50	2	46	—	—	4	96	4	96	—	—
8.	„	—	—	—	—	—	—	18	88	—	—	18	88	18	88	—	—
9.	„	—	—	—	—	—	—	15	36	—	—	15	36	15	36	—	—
10ª.	„	—	—	—	—	—	—	3	68	—	—	3	68	3	68	—	—
10ᵇ.	„	—	—	—	—	2	16	2	16	—	—	4	32	4	32	—	—
10ᶜᵈ.	„	—	—	—	—	6	—	—	—	—	—	6	—	6	—	—	—
Summe	„	—	—	38	08	64	90	66	86	—	—	169	84	149	04	20	80

Nach den Bonitätstafeln (§ 53) berechnet sich hiernach unter der Voraussetzung normaler Abtriebsalter der Bestände ohne Zwischennutzungen der gesamte Haubarkeitsdurchschnittszuwachs

für den 80jährigen Umtrieb zu

$$38{,}08 \,.\, 5{,}23 + 64{,}90 \,.\, 7{,}04 + 66{,}86 \,.\, 9{,}21 = 1272 \text{ fm.},$$

für den 100jährigen Umtrieb zu

$$38{,}08 \,.\, 5{,}25 + 64{,}90 \,.\, 6{,}98 + 66{,}86 \,.\, 8{,}85 = 1245 \text{ fm.}$$

Benutzt man die Bonitätstafeln des § 5, so erhält man beim 80j. Umtrieb 1260 fm. und beim 100j. Umtrieb 1184 fm. summarischen Haubarkeitsdurchschnittszuwachs.

Die voraussichtlich mögliche Verbesserung der Standorte geringer Bonität lässt eine Steigerung dieser Erträge erwarten.

Es empfiehlt sich mit der Standortstabelle eine Uebersicht der Zuwachsverhältnisse zu verbinden, wie aus Neumeister, „Die Forsteinrichtung der Zukunft.“ 1900. S. 102 und 103 zu ersehen.

§ 65. Bestands-Klassentabelle und Klassenübersicht. Erstere ist in der Hauptsache nur eine Rechnungsunterlage, welche in ihrer Summe die Klassenübersicht gibt, d. h. eine Zusammenstellung des Grössen- und Bonitätsverhältnisses der Altersklassen. Bezüglich der Verteilung der letzteren wird die Klassenübersicht durch das Bild der Bestandskarte ergänzt.

Die Klassentabelle zerfällt in so viele Hauptteile, als bestandbildende Holzarten und als Betriebsarten vorhanden sind. Am richtigsten wäre es, jeder Betriebsklasse eine besondere Tabelle zu widmen.

Bestandsmischungen können nur dann Berücksichtigung finden, wenn ein Hochwald-Mischbetrieb als besondere Betriebsklasse auszuscheiden ist.

Unbedingt notwendig ist es, die Angaben wirklich dem gegenwärtigen forstlichen Tatbestand entsprechend zu machen, also z. B. nicht etwa einen der Nadelholzbetriebs-

klasse angehörigen, zur Umwandlung bestimmten Buchenbestand als Nadelholzbestand einzutragen, bevor die Umwandlung wirklich erfolgt ist.

Die Klassenübersicht, in welcher nebenbei der wirkliche Holzvorrat anzugeben ist, wird bei jeder Revision erneuert und gewährt nach einigen Jahrzehnten eine vortreffliche Uebersicht über die allmähliche Gestaltung der Grössenverhältnisse der Alters- und Bonitätsklassen sowie des Vorrates.

Nachstehendes Beispiel enthält Zahlenangaben, welche zu dem § 84 ausgeführten Beispiel der Ertragsbestimmung gehören.

Zu Anfang des Jahres	Nadelholz																						
	I. Kl. 1—20 Jahr		II. Kl. 21—40 Jahr		III. Kl. 41—60 Jahr		IV. Kl. 61—80 Jahr		V. K. 81-100 Jahr														
	ha	a	ha	a	ha	a	ha	a	ha	a													
18 . . .	29	76	46	40	16	96	41	76	28	24	—	—	—	—	163	12	—	—	6	72	169	84	45500
	als:		als:		als:		als:		als:						als:								
1. Bonität.	—	—	—	—	—	—	13	28	—	—	—	—	—	—	13	28							
2. „	20	00	—	—	9	12	—	—	20	32	—	—	—	—	49	44							
3. „	9	76	32	96	—	—	16	00	7	92	—	—	—	—	66	64							
4. „	—	—	13	44	7	84	[illegible]	48	—	—	—	—	—	—	33	76							
5. „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							
	S.w.o.		S.w.o.		S.w.o.		S.w.o.		S.w.o.						S.w.o.								
Durchschnittliche Bonitätsziffer.	2,33		3,29		2,92		2,66		2,28		—	—	—	—	2,74								

Die Ermittelung einer wirklichen Durchschnittsbonität würde nur mit Hilfe der Holzmassen geschehen können. Wenn es sich aber lediglich um den Zweck handelt, die allmählich auf- oder absteigende Bewegung der Bestandsbonitäten durch Zahlen zu verdeutlichen, dann genügt auch die Berechnung der durchschnittlichen Bonitätsziffer vollständig. Recht klar tritt hier die praktische Richtigkeit der Bezifferung der Bonitaten von unten nach oben hervor (§§ 46, 53), denn wenn man die beste Bonität mit 1, die schlechteste mit 5 bezeichnet, so würde das Fallen der durchschnittlichen Bonitätsziffer z. B. von 3,60 auf 3,20 eine aufsteigende Bewegung der Bonität, eine Verbesserung derselben bedeuten.

Für eine (feinere) Wirtschaft mit 10 jährigen Wirtschaftszeiträumen ist es zweckmässig, die Klassenübersicht nach Jahrzehnten abzustufen, wie aus Neumeister, „Die Forsteinrichtung der Zukunft". 1900 S. 99 zu ersehen.

§ 66. Die Abnutzungstabelle hat den Zweck, eine Uebersicht der summarischen Materialnutzung für die einzelnen Jahre und den daraus berechneten Durchschnittsertrag zu geben. Die Angaben sind nach Abtriebs- und Zwischennutzungen, nach Laub- und Nadelholz, nach Derbholz und Reisig getrennt zu halten. Bemerkungsweise ist in Zeiträumen von 10 Jahren die Grösse des Holzbodens und des in Geltung gewesenen jährlichen Hiebssatzes zuzufügen.

Umfasst eine solche Tabelle schon mehrere Jahrzehnte, so ist der darin nachgewiesene Durchschnittsertrag unter Berücksichtigung der allmählichen Gestaltung des Altersklassenverhältnisses ein sehr wertvolles Hilfsmittel für die Berechnung des künftigen Hiebssatzes.

Die Einrichtung einer Abnutzungstabelle ist aus Neumeister, „Die Forsteinrichtung der Zukunft." 1900. S. 104 u. 105, zu ersehen.

§ 67. Das Grenzregister soll in tabellarisch übersichtlicher Form folgende Angaben enthalten:

1) Bezeichnung (Namen und Nummer) der umgrenzten Forstorte.

2) Horizontale Entfernung der Grenzzeichen.

3) Innerer Grenzwinkel, und zwar bis zur Genauigkeit einer Minute.

4) Anmerkungen darüber, ob ein Bach oder Weg u. s. w. die Grenze bilden, wenn die Grenzlinie nicht gerade von dem Mittelpunkt eines Steines zu dem des anderen läuft; ob Grenzmauern, Grenzgräben vorhanden sind u. s. w.

5) Namen der angrenzenden Grundstücke und ihrer Besitzer.

Die Einrichtung eines Grenzregisters oder Grenzlagerbuchs ist aus Neumeister, „Die Forsteinrichtung der Zukunft". 1900. S. 96, zu ersehen.

II. Die Waldeinteilung.

§ 68. Die Einteilung grösserer, einem Besitzer gehöriger Waldungen in Wirtschaftseinheiten, Reviere, setzen wir hier als gegeben voraus, da sie nur teilweise Aufgabe der Forsteinrichtung ist. Diese hat dagegen das gegebene Revier, sofern nötig, in Betriebsklassen, jedenfalls aber in Hiebszüge und Abteilungen zu teilen. Es geschieht dies unter massgebender Berücksichtigung des Terrains durch Benutzung bleibender, dazu passender, entweder schon gebauter oder sicher projektierter Wege, durch Benutzung natürlicher Trennungslinien, wie Gebirgskämme, Talschluchten, Gewässer, Nichtholzbodenflächen u. s. w., endlich durch Anlegung künstlicher Trennungslinien, sogenannter Schneisen. Eine gute, deutliche Terrainkarte ist für den Entwurf des Einteilungsnetzes von grosser Wichtigkeit.

Selbstverständlich wird diese Teilung nicht nach der systematischen Ordnung der Einteilungsobjekte ausgeführt, sondern man teilt das Revier, allerdings unter möglichster Berücksichtigung der Grenzen der künftigen Betriebsklassen, aber ohne alle Rücksicht auf die zufällig vorhandenen Bestandsverhältnisse, in die kleinsten Teile, nämlich in „Abteilungen". Ist diese Arbeit durchgeführt, dann bestimmt man erst mit Hilfe einer gewöhnlich nur vorläufig angefertigten Bestandskarte die Hiebszüge (§ 73) und Betriebsklassen (§ 41).

Die Hiebszüge bildet man aus einer oder mehreren Abteilungen. Da die Grenzen der Betriebsklassen von vornherein in's Auge gefasst worden sind, so handelt es sich nur noch um eine definitive Feststellung derselben.

1. Das Einteilungs- oder Schneisennetz.

§ 69. Wie schon erwähnt, hat man beim Entwurfe des Einteilungsnetzes auf natürliche Trennungslinien, besonders aber auf bleibende Wege, Rücksicht zu nehmen. Wo letztere in genügender Weise bereits gebaut sind, ist also ein Teil der Trennungslinien gegeben, denn namentlich die seitliche Begrenzung der Hiebszüge erfolgt in Rücksicht auf die Holzabfuhr aus den zu beiden Seiten liegenden Beständen am besten durch Wege. Wo diese noch fehlen, oder wo nur aus alter Zeit oft ganz unzweckmässig angelegte Wege vorhanden sind, dort ist erst ein neues Wegenetz zu entwerfen und dieses zur Einteilung zu benutzen[28]). Keineswegs darf man aber glauben, mit den Wegen allein auskommen zu können. Es werden stets mehr oder weniger

28) Kaiser, „Beiträge zur Pflege der Bodenwirtschaft mit besonderer Rücksicht auf die Wasserstandsfrage", 1883 und „Die wirtschaftliche Einteilung der Forsten" etc. 1902.
Martin, „Wegnetz, Einteilung und Wirtschaftsplan in Gebirgsforsten. Eine Darstellung der in der Provinz Hessen-Nassau unter Leitung des Forstmeisters Kaiser zu Kassel gegenwärtig zur Ausführung kommenden Forsteinrichtungsarbeiten", 1882.

künstliche Teilungslinien, sogenannte Schneisen, hergestellt werden müssen, und deshalb ist die in vielen Gegenden übliche Bezeichnung des Einteilungsnetzes mit dem Ausdrucke Schneisennetz gerechtfertigt. Das Wegenetz hat ganz andere Aufgaben zu erfüllen als das Schneisennetz. So sind in Gebirgslagen für letzteres Wege mit vielen Krümmungen ganz unbrauchbar. Wir müssen es deshalb auch für unrichtig halten, das Wegenetz nach den Anforderungen der Waldeinteilung einrichten zu wollen. Das Wegenetz ist, sei es ausgebaut oder nur projektiert, etwas für sich Bestehendes, die Waldeinteilung hat sich aber insoweit nach den gegebenen Wegen zu richten, als deren Benutzung zu Einteilungslinien überhaupt möglich erscheint. In ganz ebenem Terrain wird es übrigens niemals Schwierigkeiten bereiten, eine vollständige Uebereinstimmung von Wege- und Schneisennetz herzustellen.

§ 70. Das Schneisennetz besteht aus Haupt- und Nebenschneisen. Wo man erstere mit dem sehr zweckmässigen Ausdruck Wirtschaftsstreifen bezeichnet, können letztere kurz Schneisen genannt werden.

Unter Wirtschaftsstreifen versteht man bleibend holzleer zu erhaltende Streifen, welche den Zweck haben, die von ihnen begrenzten Bestände an den freien Stand zu gewöhnen, so dass sich Randbäume entwickeln, welche nachteiligen klimatischen Einwirkungen (Wind, Sonne) widerstehen, wenn auch der neben- oder vorliegende Bestand abgetrieben wird. Wo für die Begrenzung der Betriebsklassen und die seitliche Begrenzung der Hiebszüge Wege nicht gewählt werden können, und wo zufällig vorhandene, natürliche Trennungslinien nicht genügen, sind demnach Wirtschaftsstreifen anzulegen, welche in der Richtung des Hiebes, also meist ungefähr (namentlich in der Ebene) von Ost nach West, verlaufen.

Die Breite derselben richtet sich nach dem Standort, nach Holz- und Betriebsart. Je länger die zu erziehenden Bäume werden sollen, desto breiter müssen die Wirtschaftsstreifen sein. Während für Nieder- und Mittelwald eine Breite von etwa 2—2,5 m genügt, muss dieselbe für den schlagweisen Hochwaldbetrieb etwa 10 m betragen. Die grösste Breite erfordern der sturmgefährdete Fichtenwald und der der Feuersgefahr sehr ausgesetzte Kiefernwald. Die Ränder der Wirtschaftsstreifen sind im Nadelholze licht zu halten (am besten von jung auf durch weitläufigeren Pflanzenverband), damit sich tiefbeastete, sturmfeste Randbäume entwickeln.

Die Fläche der Wirtschaftsstreifen gehört dann, wenn diese breiter als 2,5 m sind, dem Nichtholzboden an, die Fläche der schmalen Streifen im Nieder- und Mittelwald braucht dagegen vom Holzboden nicht in Abzug gebracht zu werden.

Bei neuen Forsteinrichtungen werden diese Streifen nur dort in voller Breite aufgehauen, wo dies ohne Gefahr geschehen kann, also nur in den Beständen I., allenfalls noch II. Altersklasse des Hochwaldes. In den älteren Beständen werden sie nur durch 2—3 m breite Durchhiebe markiert und erst gelegentlich der dieselbe Fläche treffenden Schläge in voller Breite hergestellt.

Die Nebenschneisen oder kurzweg Schneisen haben nicht den Zweck, Randbäume zu bilden, es genügt für sie deshalb eine Breite von 2—2,5 m. Sie teilen im allgemeinen die Hiebszüge in Abteilungen und begrenzen erstere in der Richtung des Hiebes. Sie sollen möglichst parallel den Schlaglinien verlaufen, welche je nach den Terrainverhältnissen mehr oder weniger senkrecht auf die Wirtschaftsstreifen fallen.

§ 71. Wirtschaftsstreifen und Schneisen, im weiteren Sinne einschliesslich der Einteilungsgrenzen bildenden Wege und natürlichen Trennungslinien, bilden das Einteilungs- oder Schneisennetz. Der Entwurf desselben ist eine der wichtigsten, im Gebirge oft auch eine der schwierigsten Aufgaben der Forsteinrichtung. Dieses Netz soll und kann etwas Bleibendes sein, solange nicht ganz besondere Umstände

(Bau von Strassen, Eisenbahnen, Ankäufe etc.) Aenderungen nötig machen.

Die Anlage des Einteilungsnetzes erfordert stets, ganz besonders aber im Fichtenwalde, eingehendes Studium und Beachtung der herrschenden Windrichtung. Es genügt dann nicht, zu wissen, dass in Deutschland im grossen Durchschnitt die herrschenden, Gefahr bringenden Winde meist aus Westen, Süd- oder Nordwesten kommen, sondern es ist deren lokales Auftreten zu erforschen. Manche Talbildungen der höheren Gebirge rufen derartige Drehungen des Windes hervor, dass beispielsweise der Westwind einen von Nord oder Süd, selbst von Nord- oder Südost kommenden Bruch bewirken kann. Allgemeine Vorschriften hierüber lassen sich nicht geben[29]). Dagegen kann man solche lokale Abweichungen der herrschenden Winde nicht selten an der Beastung und geneigten Stellung der die Bestandsränder bildenden Bäume, an der Lage früherer Windwürfe erkennen, ausserdem sind auch verbürgte historische Nachrichten zu beachten. Gegen aussergewöhnliche Orkane, Gewitterstürme schützt freilich keine Forsteinrichtung, nach der Lage der durch solche Stürme hervorgerufenen Windwürfe darf man aber auch nicht auf lokale Drehungen der Winde schliessen.

§ 72. Nächst der Lage und Richtung aller Einteilungslinien ist von hervorragender Wichtigkeit die Form und Grösse der durch sie zu bildenden Abteilungen (auch Jagen, Distrikte genannt), welche als kleinste Teilungseinheiten zu betrachten sind. Sie sind notwendig zur Orientierung im Walde, zur Ordnung der Schlagführung, namentlich auch zur Erleichterung der Vermessungsnachträge.

Die Form der Abteilungen muss sich nach den Terrainverhältnissen richten. Rechtwinklig gestaltete Abteilungen können nur in der Ebene gebildet werden. Stets, so auch im Gebirgswald, hat man tunlichst darnach zu streben, die Abteilungen länger als breit zu machen, und soll die lange Seite die herrschende Windrichtung senkrecht kreuzen, möglichst parallel zu den Schlaglinien verlaufen.

Die Grösse der Abteilungen ist keine bestimmte, sie schwankt für den Hochwald meist zwischen 15—30 ha. Zu grosse Abteilungen sind unzweckmässig. Bei regelmässiger Gestalt der Abteilungen empfiehlt es sich, deren lange Seite 600, die breite 300 m gross zu machen, ihnen also 18 ha Inhalt zu geben. Für kleinere Wälder sind natürlich auch kleinere Abteilungen am Platze.

2. Die Hiebszüge.

§ 73. Aus einer oder mehreren Abteilungen werden die Hiebszüge gebildet. Wir verstehen (nach Judeich) unter einem Hiebszug eine Waldfläche, welche im einfachsten, arithmetisch gedachten Normalzustande die einem bestimmten Umtrieb entsprechende normale Schlagreihe entweder in jährlicher Abstufung oder bei wechselnden Schlägen mit grösserer Altersabstufung einmal so enthält, dass die Schläge über ihre ganze Breite hinweggeführt werden können. Die grösste Flächenausdehnung würde ein solcher Hiebszug haben, wenn die ihn bildenden Bestände während einer ganzen Umtriebszeit nur mit jährlich wiederkehrenden Schlägen verjüngt werden könnten. Die kleinste Ausdehnung eines Hiebszuges lässt sich allgemein nicht bestimmen.

29) An Versuchen hierzu hat es nicht gefehlt. Zu vergl. Zötl, „Handbuch der Forstwirtschaft im Hochgebirge", 1831. S. 119—130 u. S. 269—302. — Nach diesem Heyer, „Waldertrags-Regelung", 3. Aufl. 1883 und „Waldbau", 3. Aufl. 1878 u. 4. Aufl. (von Hess) 1893. S. 65 flg. — Baudisch im C. f. d. g. F. 1884. S. 521 flg. — Die verschiedenen Gebirge verhalten sich sehr verschieden, und leider kommen namentlich in höheren Gebirgen mitunter Terrainbildungen vor, die gar keine herrschende Windrichtung erkennen lassen, wo der Sturm von allen Seiten bricht. Dort hilft freilich auch die beste Forsteinrichtung nichts, und man muss sich dann damit begnügen, die Schläge jenem Winde entgegenzuführen, welcher der gefährlichste zu sein scheint.

Ein Hiebszug umfasst die zu einer Schlagreihe gehörigen Bestände (Neumeister).

Auf keinen Fall ist es übrigens für irgendwelche Hochwaldform statthaft, den Hiebszügen die erwähnte grösste Ausdehnung zu geben. Eine goldene Waldbauregel lehrt, dass man an demselben Ort einen neuen Schlag nicht eher anlegen solle, bis nicht die Fläche des zuletzt geführten sicher in Bestand gebracht worden sei. Einzig und allein eine gute Forsteinrichtung ermöglicht die Befolgung dieser Regel durch Bildung vieler kleiner Hiebszüge. Wo es daran fehlt, wo also auch Anhiebspunkte fehlen, dort ist ein Wechsel mit den Schlägen eben einfach unmöglich. In diesem Sinne soll der einzelne Hiebszug nur aus wenigen Jahresschlägen bestehen. Die aussetzenden Betriebe in den einzelnen Hiebszügen ergänzen sich durch den Wechsel der Schläge zum jährlichen Nachhaltsbetrieb.

Im Nieder- und Mittelwald ist ein jährliches Aneinanderreihen der Schläge ohne Nachteil.

Im Hochwalde, der für uns wichtigsten Waldform, bildet man die Hiebszüge meist aus 2 Abteilungen, macht sie nicht gern über 30—60 ha gross. Oft kann es sich dagegen empfehlen, einen Hiebszug nur aus einer Abteilung bestehen zu lassen. Diese kleinen Hiebszüge verhindern durchaus nicht die Anlage von grossen, den gegebenen wirtschaftlichen Verhältnissen entsprechenden Schlägen, sie ermöglichen aber im besten Falle, an demselben Orte in einem Jahrzehnt nur einen Schlag, höchstens zwei Schläge zu führen.

Der wiederholt von Neumeister ausgesprochenen Forderung, an einem Orte nur in grösseren Pausen zu schlagen, tragen namentlich auch die neueren Bestimmungen für die sächsischen Staatswaldungen Rechnung.

Die kleinen Hiebszüge bilden mehr oder weniger selbständige Wirtschaftsfiguren, gewissermassen kleine Betriebsklassen, wenn auch nicht für das Rechnungswerk. Ihre Selbständigkeit wird dadurch gesichert, dass sie dort, wo sie seitlich aneinandergrenzen, durch Wirtschaftsstreifen oder durch diese ersetzende andere Trennungslinien, wie breite Wege etc., von einander getrennt sind. In der Richtung des Hiebes wird bei annähernd normalem Altersklassenverhältnis durch die Altersstufenfolge allein eine genügende Unabhängigkeit des einen Hiebszuges von dem anderen geschaffen. Bei einem abnormen Klassenverhältnis hat der Forsteinrichter durch entsprechende Loshiebe (§ 76) für die nötige Beweglichkeit der Hauungen zu sorgen.

Die richtige Gestaltung der (bleibenden) Hiebszüge, welche natürlich in den Rahmen des Schneisennetzes passen müssen, bildet ein Hauptziel der Forsteinrichtung. Die meist abnorme Verteilung der Altersklassen gestattet aber sehr oft nicht, die Schläge ohne weiteres nach den Anforderungen der für die erstrebte annähernde Normalität des Waldes als bleibend anzusehenden Hiebszüge zu bestimmen. Durch ungünstige Gruppierung der Altersklassen ist man oft gezwungen, vorübergehende Massregeln zu ergreifen, bei welchen man aber das Ziel der Gewinnung bleibender Hiebszüge nicht ausser Acht lassen darf. Es entstehen dadurch sogenannte vorübergehende Hiebszüge[30]), welche ein unentbehrliches Hilfsmittel dazu sind, mit den möglichst geringen wirtschaftlichen Opfern das Hauptziel der Forsteinrichtung, die Bildung und Erhaltung der bleibenden Hiebszüge, zu erreichen. Unvorhergesehene Störungen der Wirtschaft durch Elementarereignisse, durch nötig werdende Abänderungen der Waldeinteilung u. s. w. können übrigens selbst dort, wo bereits eine den bleibenden Hiebszügen entsprechende Bestandsgruppierung annähernd erreicht war, die

---

30) Neumeister, „Die Bedeutung und Bildung der Hiebszüge.“ Thar. f. J. 33. Bd. und „Forsteinrichtung der Zukunft“. 1900. S. 17 flg.

Bildung vorübergehender Hiebszüge wiederholt nötig machen.

Unter allen Umständen muss aber, wenn die Wirtschaft nicht eine planlose sein soll, das Ziel der Bildung und Erhaltung bleibender, an das Schneisennetz angelehnter und zwar kleiner Hiebszüge im Auge behalten werden. Eine solche Einrichtung und Wirtschaft verschafft im Walde

1) die Möglichkeit, den Standortsbedingungen auch im kleinen Rechnung zu tragen;

2) eine sichere Grundlage für die künftige Hiebsfolge mit günstigem Wechsel der Schläge;

3) die Möglichkeit, in Zukunft in einzelnen Bestandsgruppen rascher, in anderen langsamer mit dem Hiebe vorzugehen, als die Gegenwart mit ihrem beschränkten Gesichtskreis vorausbestimmen kann;

4) vorzüglich in Nadelholzwaldungen eine sehr zu beachtende Hilfe gegen Gefahren, welche durch Wind, Insekten und Feuer drohen;

5) eine beachtenswerte Unterstützung des lokalen Holzabsatzes.

Die einzelnen Hiebszüge gruppieren sich wieder zu Betriebsklassen, wo deren Bildung (§ 41) überhaupt erfolgen muss. Deshalb ist es aber auch, wie schon hervorgehoben, nötig, bei dem Entwurfe des Einteilungsnetzes auf die künftigen Grenzen der Betriebsklassen Rücksicht zu nehmen, damit diese nicht einzelne Abteilungen oder Hiebszüge durchschneiden, was immer störend für die Wirtschaftsführung ist.

Wenn z. B. ein Revier in zwei grosse Betriebsklassen zerfällt, in einen Buchen- und in einen Nadelholzbetrieb, dann muss die Grenze dieser Betriebsklassen, wenn irgend tunlich, auch die Grenze der betreffenden Hiebszüge sein. Immer lässt sich dieses Ziel allerdings nicht erreichen, denn bei im kleinen wechselnden Standortsverhältnissen kommt es sehr oft vor, dass die verschiedenen Betriebsklassen nicht örtlich zusammenhängende Ganze bilden, sondern zum Teil aus einzelnen, kleinen Beständen bestehen; z. B. Erlenniederwald auf feuchten Stellen innerhalb des Hochwaldes. Gerade in solchem Falle wird aber das Einrichtungswerk und die darauf gegründete Wirtschaft wesentlich durch die kleinen Hiebszüge im Sinne der oben unter 1 und 3 erwähnten Punkte erleichtert.

§ 74. Ein sehr einfaches Beispiel eines Schneisennetzes bietet die dem § 84 beigegebene kleine Karte. Die Abteilungen 1—5 bilden einen südöstlich, die Abteilungen 6—10 einen nordwestlich geneigten Hang. Die neugebaute Talstrasse dient zugleich als Wirtschaftsstreifen. Ueber die Bildung der Hiebszüge zu vergleichen § 84.

Noch einfacher, als in diesem Falle, gestaltet sich das Einteilungsnetz in der Ebene, wo man rechtwinklige Abteilungen bilden kann.

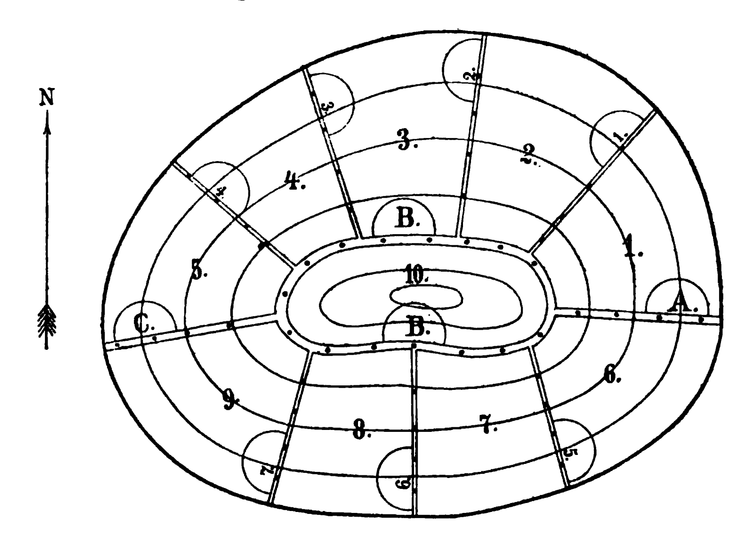
Die unendlich grossen Verschiedenheiten der Einteilung im Gebirge lassen sich überhaupt nicht alle schildern. Nur ein einziges Beispiel mag deshalb hier Platz finden und erläutert werden.

Der ziemlich steile, isolierte Berg, dessen Neigung die Horizontalen andeuten, ist gemäss nebenstehender Abbildung eingeteilt worden.

Durch den horizontal verlaufenden Wirtschaftsstreifen B ist die sehr exponierte Kuppe, Abteilung 10, als besondere Betriebsklasse für Plenterwald ausgeschieden. Die übrigen Abteilungen 1—9 gehören dem schlagweisen Betriebe an. Durch die beiden Wirtschaftsstreifen A und C sind sie in zwei von einander selbständige Partieen geteilt, welche wieder in Hiebszüge zerfallen. Letztere werden voraussichtlich gebildet durch Abt. 1 allein, durch Abt. 2 und 3, durch Abt. 4 und 5, durch Abt. 6 und 7, durch Abt. 8 und 9.

Die Nummerfolge der Abteilungen entspricht der Hiebsfolge, und sind die Einzel-

schläge tunlichst senkrecht auf die Horizontalen zu führen, so dass also die Schläge nach unten zu breiter als oben werden. Würden die Schläge wegen der Höhe des Berges zu lang, wenn man sie vom Wirtschaftsstreifen B bis nach der Grenze führen wollte, wäre also der Berg bedeutend grösser, so müsste noch ein horizontal verlaufender Wirtschaftsstreifen eingelegt werden; die weiteren Einteilungslinien ergeben sich dann von selbst. Es sind dann öfters zwischen die bereits vorhandenen Schneisen für die unteren Randabteilungen Zwischenschneisen einzuschalten, welche diese Randabteilungen etwa halbieren. Beide horizontale Wirtschaftsstreifen wären als Wege herzustellen, von denen aus mässig fallende Nebenwege herabführen können, die jedoch als Einteilungslinien nicht zu gebrauchen sind.



Wollte man die Schläge nicht in der oben angegebenen Weise führen, sondern horizontal verlaufend von oben nach unten, so würden einige der Schneisen zu Wirtschaftsstreifen werden. Wir halten eine solche Schlagführung wegen der Beschädigungen der unteren Bestände an steilen Hängen für falsch; noch unrichtiger ist allerdings die in alter Zeit oft beliebt gewesene Führung solcher Horizontalschläge von unten nach oben.

8. Sicherung des Einteilungsnetzes.

§ 75. Durch Schläge, welche namentlich anfänglich infolge der Abnormität des Altersklassenverhältnisses nicht selten über Schneisen und andere Einteilungslinien hinweggeführt werden müssen, sowie durch Windbrüche, Verwachsen u. s. w. werden die Einteilungslinien mitunter unkenntlich. Damit sie im Walde leicht und sicher, ohne viel Zeit raubende, geometrische Arbeiten wieder aufgefunden werden können, sind sogenannte Sicherheitssteine oder feste (besonders eichene) Pfähle an allen den Punkten einzusetzen, wo sich Einteilungslinien, namentlich Schneisen kreuzen oder brechen, ferner auch auf allen geraden Schneisen und sonstigen Einteilungslinien (an Wegen, Bächen), wenn die Entfernung der Kreuzungspunkte sehr gross ist. Die Sicherheitszeichen sollten in der Regel nicht weiter als 100—150 m von einander entfernt sein.

Des Holztransportes wegen setzt man diese Steine oder Pfähle nicht auf die Mittellinie, sondern an die Seite, und empfiehlt es sich der leichteren Orientierung

wegen, auf einem und demselben Reviere dazu stets eine bestimmte Seite zu wählen, z. B. die Nordseite der Wirtschaftsstreifen, die Ostseite der Nebenschneisen.

Diese Sicherheitszeichen haben übrigens noch den weiteren, sehr wichtigen Zweck, für alle Nachtragsmessungen gute Anbindepunkte zu gewähren.

Für ein ganzes Revier werden die Sicherheitszeichen fortlaufend numeriert. Die Nummern sind in die Steine einzuhauen und zu färben, auf die Sicherheitspfähle mit dem Göhler'schen Nummerierschlägel einzuschlagen. Der Uebersichtlichkeit halber empfiehlt es sich, die Nummern bei den Grenzzeichen schwarz und bei den Sicherheitszeichen rot zu färben.

4. Loshiebe.

§ 76. Unter Loshieben versteht man etwa 10—20 m breit aufgehauene Streifen, durch welche man Bestände in der Richtung des Hiebes dort trennt, wo später Hauungen einzulegen sind. Sie sollen einzelne Bestände oder Bestandsgruppen an den freien Stand gewöhnen, so dass Schläge an der gefährdeten Seite einst keinen Schaden verursachen. Die Anlegung von Loshieben ist eine vorübergehende Massregel, welche nicht bloss das Ziel verfolgt, einzelne Bestände von den sie nach der gewählten Hiebsordnung treffenden Hauungen auszunehmen, um sie für einen zweiten Umtrieb überzuhalten, sondern ganz besonders auch das Ziel, die vorübergehenden Hiebszüge allmählich in die Form der bleibenden überzuführen. Die Loshiebe kommen aber natürlich auch für die Bildung der bleibenden Hiebszüge überall da in Betracht, wo passende Unterbrechungen am Beginn einer Schlagreihe fehlen. Ihre Einlegung ist an allen solchen Stellen, wo nicht ohne Weiteres ohne Gefahr oder zur Vermeidung von Kalamitäten angehauen werden kann oder muss, als ein notwendiges Uebel anzusehen.

Vorzugsweise verlangt der sturmgefährdete Fichtenwald und der feuergefährdete Kiefernwald sehr oft Loshiebe, aber auch andere Holzarten machen sie nicht selten wünschenswert, sogar der Buchenwald, wenn voraussichtlich einmal an der Südseite eines Bestandes aufgehauen werden muss; in solchem Falle wirkt die zeitige Erziehung eines Bestandsmantels durch einen Loshieb gewiss günstig.

Verlaufen die Loshiebe geradlinig durch gleichaltrige Bestände, meist an den Schneisen, so nennt man sie wohl auch Sicherheitsstreifen oder Durchhiebe, während solche Loshiebe, welche sich winkelig um einzelne, zum Ueberhalten bestimmte Bestände oder Bestandsgruppen herumziehen, mit dem Ausdruck Umhauungen bezeichnet werden.

Die Loshiebe sollten in oder namentlich an jugendlichen Beständen angelegt werden; das gilt ganz besonders vom Fichtenwald. Sie sind so breit anzulegen oder auch allmählich so zu verbreitern, dass man ihre Fläche mit Erfolg anbauen kann. Wenn irgend tunlich, ist darauf zu halten, dass auf der Loshiebsfläche ein bereits 10 bis 20-jähriger Bestand erzogen ist, ehe an der betreffenden Stelle die Schläge weitergeführt werden.

Beispiele einiger Loshiebe zu vergl. in § 84 und 85.

5. Bezeichnung der Einteilungslinien, Betriebsklassen, Hiebszüge, Abteilungen, Bestände und der Flächen des Nichtholzbodens.

§ 77. Die Wirtschaftsstreifen werden mit lateinischen Buchstaben, die Schneisen mit deutschen Ziffern bezeichnet. Um diese Bezeichnungen von der übrigen Schrift der Karte zu unterscheiden, ringelt man sie ein und stellt sie senkrecht auf die Basis der Schneisen. (S. Fig. § 74.) Ein Wirtschaftsstreifen oder eine Schneise, welche

ununterbrochen, wenn auch nicht geradlinig, ein ganzes Revier durchlaufen, erhalten einen Buchstaben oder eine Nummer. In gleicher Weise kann man auch verfahren für grössere, aus mehreren Revieren bestehende Waldkomplexe. Es ist gebräuchlich, wenn auch nicht gerade nötig, die Bezeichnung der Wirtschaftsstreifen und Schneisen im Walde anzubringen.

Die Betriebsklassen werden durch römische Ziffern in den Schriften, aber gewöhnlich nicht auf den Karten bezeichnet. Letzteres ist namentlich dann unzweckmässig und umständlich, wenn die Betriebsklassen nicht örtlich zusammenhängen, sondern wenn eine oder die andere in kleineren Flächen über das Revier zerstreut ist.

Die Hiebszüge können in den Taxationsvorschriften einen grossen lateinischen Buchstaben, vielleicht auch einen dem ortsüblichen Gebrauch entsprechenden Namen erhalten. Es genügt aber auch, wenn man die Aufzählung überhaupt für nötig erachtet, die Bezeichnung: 1., 2. etc. Hiebszug.

Die Abteilungen werden auf Karten und in den Schriften mit kleinen deutschen Ziffern bezeichnet. Die Nummerfolge hat sich nach der Hiebsfolge zu richten (zu vergl. Fig. in § 74 und § 84). Zerfällt ein Revier in einige grössere, im örtlichen Zusammenhange liegende Betriebsklassen, so können die Abteilungsnummern nach ihnen gerichtet werden, so dass z. B. die eine Betriebsklasse die Nummern 1—30, die andere die Nummern 31—65 erhält. Falsch wäre es jedoch, die Nummerfolge in jeder Betriebsklasse für sich wieder mit 1 zu beginnen. Auf dem ganzen Reviere darf die eine Nummer auch nur eine bestimmte Abteilung bezeichnen, also nur einmal vorkommen. Zur leichteren Orientierung im Walde ist es nötig, dass die Abteilungsnummern an den Eckpunkten der Abteilungen und bezw. an durchführenden Hauptwegen in entsprechender Weise kenntlich gemacht werden. Es ist vielfach gebräuchlich, die Abteilungsnummern auf Holz-, Porzellan- oder Blechtäfelchen, die an passend stehenden Bäumen oder Säulen aufgehängt werden, anzubringen. Viel mehr als dieses Verfahren empfiehlt sich das von Neumeister (unter anderem in seiner „Forst- und Forstbetriebseinrichtung“, S. 10 und „Forsteinrichtung der Zukunft“ S. 16) in Vorschlag gebrachte billige Anschreiben der Abteilungsnummern an hinreichend starke Bäume oder bez. Nummerpfähle. Zur Erhöhung der Deutlichkeit und Haltbarkeit der Nummern glättet man in etwa $2^1/_2$ m Höhe am Baume etwas die Rinde und streicht dort mit weisser Oelfarbe ein kleines Rechteck an, welches als Unterlage für die Nummer dienen soll. Diese schreibt man später mit schwarzer oder roter Oelfarbe mittelst einer Schablone auf.

Die Bestände oder Unterabteilungen erhalten kleine lateinische Buchstaben, welche in jeder Abteilung mit a beginnen.

Die Nichtholzbodenflächen werden derartig bezeichnet, dass Wege und Flüsse ihre ortsüblichen Namen, andere Flächen, wie Felder, Wiesen, Teiche, entweder ebenfalls solche Namen oder kleine lateinische Buchstaben oder beides erhalten. Zum Unterschied von den Bestandsbuchstaben sind die der Nichtholzbodenflächen mit roter Tinte einzutragen.

III. Die Ertragsbestimmung.

1. Allgemeines.

§ 78. Im folgenden schildern wir zunächst jene Methode der Ertragsbestimmung, welche sich in der Literatur den Namen des Verfahrens der Bestandswirtschaft erworben hat, da wir dieselbe für die richtigste halten. Anhangsweise soll dann auch der hauptsächlichsten anderen Methoden gedacht werden.

Der Ausdruck „Bestandswirtschaft“ ist deshalb nicht ungerechtfertigt, weil dieses Verfahren den Anforderungen der Einzelbestände, namentlich deren wirtschaftlicher Reife grundsätzlich mehr Rücksicht schenkt und in der Anwendung auch schenken kann, als es andere ältere Methoden tun. Zunächst wird es sich allerdings mehr um eine „Bestandskomplexwirtschaft“ als eine reine Bestandswirtschaft handeln, weil meist Bestandsgruppen in Betracht kommen. Die älteren Methoden suchen auf verschiedene, ihnen eigentümliche Weise den jährlichen Ertrag oder Hiebssatz, sei es nach Massgabe der Fläche, sei es nach Massgabe der Masse, durch Beurteilung des gesamten Waldvermögens zu ermitteln. Die Rücksichten auf die wirtschaftlichen Anforderungen der Einzelbestände wirken dabei bald mehr, bald weniger modifizierend auf den summarisch ermittelten Hiebssatz ein. Jenen Methoden, welche diese Modifikationen in der Anwendung am schärfsten hervortreten lassen, gebührt ein Vorzug vor den übrigen, denn sie nähern sich am meisten dem Verfahren der Bestandswirtschaft, ja sie können mitunter ganz zu demselben Ziele führen. Letztere Methode schlägt aber grundsätzlich einen anderen Weg ein. Im Rahmen der gegebenen Waldeinteilung und unter steter Beachtung des Strebens nach einer wohlgeordneten Hiebsfolge, also nach normaler Verteilung der Altersklassen, sucht sie zunächst in möglichst kurzer Zeit die überreifen, dann die reifen Bestände zum Hiebe zu bringen. Um jedoch die für die meisten wirtschaftlichen Verhältnisse, namentlich für grössere Waldungen in nachteiliger Weise störenden, zu grossen Schwankungen des jährlichen oder periodischen Hiebssatzes tunlichst zu vermeiden, modifiziert sie den durch Zusammenstellung der einzelnen Hiebsorte gefundenen Hiebssatz an Fläche oder Masse durch Rücksichten auf das Ganze.

Unmittelbare Folge dieses Grundsatzes ist es, dass wir die sogenannte Ertragsregelung nicht als selbständige, neben der Waldeinteilung bestehende oder als selbständige, dieser folgende Aufgabe betrachten können, wie es z. B. die reinen Normalvorratsmethoden (§§ 111—113) tun. Beide Aufgaben beeinflussen sich gegenseitig derartig, dass sie eng Hand in Hand gehen müssen, weshalb wir auch für beide zusammen dem gemeinsamen technischen Ausdruck „Forsteinrichtung“ den Vorzug vor allen anderen, hier und da gebräuchlichen Ausdrücken geben.

§ 79. Ein **allgemeiner Wirtschaftsplan** bildet die Grundlage der Forsteinrichtung, einschliesslich der Ertragsbestimmung. Durch die Waldeinteilung (§§ 68—74) ist der Wald mit Hilfe natürlicher oder künstlicher Trennungslinien unter steter Beachtung des Terrains und der Transportverhältnisse in Betriebsklassen, Hiebszüge und Abteilungen geteilt. Die allgemeine Ordnung des Hiebsganges ist dadurch angebahnt, ein allgemeiner Flächeneinrichtungsplan gegeben. Eine Verteilung der einzelnen Abteilungen an im voraus bestimmte Zeitperioden, wie sie z. B. das alte Flächenfachwerk (§ 109) vornimmt, ist unzweckmässig, auch unnötig. Dagegen erfordert jeder einzelne Hiebszug sowohl für sich allein, als auch mit Rücksicht auf die benachbarten Hiebszüge eingehende Erwägungen darüber, ob und wo in ihm der Hieb zu beginnen, ob letzterer rascher oder langsamer vorzuschreiten habe. Dabei erscheint es als eine Hauptaufgabe, die vorübergehenden Hiebszüge so zu behandeln, dass sie sich allmählich, in längerer oder kürzerer Zeit dem Rahmen der bleibenden Hiebszüge einfügen. Dieselbe Aufgabe fällt den Revisionen namentlich dann zu, wenn im Verlaufe der Zeit durch Elementarereignisse die bereits angebrachte oder erreichte Hiebsordnung gestört worden ist oder mit anderen Worten, wenn neue vorübergehende Hiebszüge gebildet werden müssen.

Die zahllos verschiedenen Gruppierungen der Bestände, die sehr verschiedenen Rücksichten auf Bestandsgründung, Pflege und Ernte lassen sich nicht schematisch in tabellarische Rubriken bringen. In jedem einzelnen Hiebszug entscheidet jedoch der

erste Anhieb in der Regel über den weiteren Fortgang des Hiebes, es bedarf also keiner speziellen Vorschriften darüber. Dort, wo gewisse wirtschaftliche Massregeln Vorausbestimmungen für längere Zeit fordern, müssen dieselben natürlich gegeben werden. Dies tritt z. B. ein bei Umwandlungen von Betriebsarten, oder wenn es sich darum handelt, in Althölzern eine grössere Lichtstellung durch Unterbau eines Bodenschutzholzes zu ermöglichen, um besonders starke Sortimente zu erziehen. Weil jedoch einzelne Hiebszüge mitunter weitergehende, spezielle Vorausbestimmungen nötig machen, ist man durchaus nicht gezwungen, für alle Hiebszüge solche Zukunftsvorschriften zu geben. Der allgemeine Wirtschaftsplan hat sich deshalb auf solche nicht zu erstrecken, denn es ist durchaus überflüssig, detaillierte Hiebspläne für sehr lange Zeiträume, für ganze Umtriebszeiten zu entwerfen, da sie doch, wie die Erfahrung hinreichend gelehrt hat, nach wenigen Jahrzehnten meist unbrauchbar geworden sind.

Diese Erfahrungen hat man überall da sammeln können, wo in langen Zeiträumen der Versuch regelmässig durchgeführt wurde, derartige, für ganze Umtriebszeiten aufgestellte Wirtschaftspläne durch von Zeit zu Zeit, meist von 10 zu 10 Jahren abgehaltene Taxationsrevisionen zu berichtigen. Diesen Revisionen fiel anfänglich hauptsächlich die Aufgabe zu, alle im Verlaufe der Zeit eintretenden Störungen der planmässigen Wirtschaft durch die dadurch notwendig werdenden Aenderungen des gegebenen, fertigen Wirtschaftsplanes auszugleichen.

Derartige Störungen und nötige Veränderungen traten jedoch meist schon nach wenigen Jahrzehnten in so grosser Anzahl ein, dass von dem gegebenen Wirtschaftsplane fast nichts mehr übrig blieb, als der durch die Waldeinteilung geschaffene Rahmen für die Hiebsordnung. Auch dieser musste nicht selten wesentlichen Berichtigungen unterliegen, weil man früher die Hiebszüge zu lang gemacht oder das Einteilungsnetz nicht genügend dem Terrain angepasst hatte, oder weil mitunter die Anlage neuer Strassen und Eisenbahnen zu Aenderungen zwangen. Aus diesem Grunde brachten die wiederholt abgehaltenen Revisionen allmählich die Ansicht mehr und mehr zur Geltung, dass der Schwerpunkt der ganzen Ertragsregelung nicht in einem beim Anfange der Einrichtung für die ganze Umtriebszeit entworfenen, allgemeinen Hiebsplane nach Fläche oder Masse zu suchen sei, sondern in den Revisionen selbst. Diese wurden dadurch zu periodischen Fortsetzungen des ganzen Einrichtungswerkes, weshalb wir schon an dieser Stelle ihrer gedenken müssen.

Die unmittelbare Folge dieses Fortschrittes musste die sein, dass man die zu erstrebende, nach den verschiedenen Verhältnissen mehr oder weniger strenge Nachhaltigkeit der Nutzung nicht durch weit hinausreichende Zukunftsrechnungen, sondern durch die Revisionen selbst zu sichern suchte. Für jeden, meist 10jährigen Revisionszeitraum wird ein n e u e r Plan aufgestellt, für welchen im allgemeinen nur die durch die Waldeinteilung gegebene planmässige Richtung des Hiebsganges feststeht, soweit diese nicht selbst Berichtigungen fordert[31]).

Um die Nachhaltigkeit der Nutzung so zu wahren, wie dies wirtschaftlich wirklich notwendig ist, stützt man die Rechnung bei Ermittelung des Hiebssatzes besonders auf drei Faktoren: den normalen Jahresschlag, das Altersklassenverhältnis, die frühere Abnutzung. Dadurch gewinnt man den Regulator für die Reduktion jener Hiebsfläche oder Hiebsmasse, welche man lediglich durch den Ansatz der hiebsreifen und hiebsfähigen Bestände gewonnen hat. Je öfter nun Revisionen schon stattgefunden haben, desto brauchbarere Durchschnittszahlen liegen vor über die frühere Abnutzung, über die allmähliche Gestaltung des Altersverhältnisses. Je mehr man infolge dessen die

31) Bezüglich der Revisionsarbeiten selbst ist zu verweisen auf die §§ 100—105.

für die Zukunft zu gebenden Bestimmungen auf die durch planmässige Wirtschaft gewonnenen Erfahrungen aus der Vergangenheit stützen kann, desto mehr ist es gerechtfertigt, den neuen Wirtschafts- oder Hiebs-Plan lediglich für eine kurze Zeit, für ein Jahrzehnt aufzustellen.

Wo freilich bei ganz neuen Forsteinrichtungen die frühere Buchführung und Kartierung genügende Anhaltspunkte aus der Vergangenheit nicht gewähren, wo also weder die durchschnittliche frühere Abnutzung, noch die allmähliche Gestaltung des Altersklassenverhältnisses ermittelt werden können, dort bleibt nichts anderes übrig, als den Regulator der Hiebsfläche oder Hiebsmasse für das kommende Jahrzehnt durch eine etwas weiter reichende Betrachtung der Zukunft zu gewinnen. Fast immer wird aber für diesen Zweck ein Hauungsplan genügen, welcher sich auf 2—3, in ungünstigsten Fällen vielleicht auch einmal auf 4 Jahrzehnte erstreckt.

Eine bestimmte Formel für die Ermittelung des Hiebssatzes oder ein bestimmtes Schema für diese Rechnungen lassen sich allerdings nicht geben; nach Massgabe der gerade vorliegenden Verhältnisse ist in verschiedenen Fällen verschieden zu verfahren. Grundsätzlich bleibt jedoch das hauptsächlichste Streben der Forsteinrichtung auf Herstellung des normalen Altersklassenverhältnisses in Grösse und Verteilung gerichtet. Diesem Streben müssen daher unter allen Umständen die zur Forsteinrichtung gehörigen Arbeiten der Ertragsbestimmung gerecht werden, wenn sie ihrerseits auch das ganz besondere Ziel verfolgen, alle hiebsfähigen, erntereifen, zuwachsarmen Bestände möglichst bald zum Hiebe zu bringen, soweit dies die Rücksichten auf die Hiebsordnung und auf die Einhaltung einer gleichmässigen Jahresnutzung gestatten.

2. Die Abtriebsnutzungen.

§ 80. Die Ertragsbestimmung hat es zunächst mit der Abtriebsnutzung zu tun. Schon bei der Wahl der Betriebsklassen sind Ermittelungen der finanziellen Umtriebszeiten vorgenommen worden. Diese werden vervollständigt durch die Berechnung von Bodenrenten aus charakteristischen Beständen, sowie durch Ermittelung einer Reihe von Weiserprozenten. So wird es möglich, innerhalb gewisser Grenzen von etwa 10 bis 20 Jahren den Umtrieb annähernd festzustellen. Dieser gibt einen allgemeinen Anhaltspunkt darüber, wie gross ungefähr die Hiebsfläche während der nächsten 10 bis 20 Jahre gewählt werden kann. Dabei ist jedoch nicht zu übersehen, dass besondere äussere oder innere Waldverhältnisse massgebend mit einwirken können oder müssen. Namentlich können beispielsweise grosse Abnormitäten des Altersklassenverhältnisses in Grösse und Verteilung oft dazu zwingen, eine andere Hiebsfläche zu wählen, als sie die Berechnung nach dem Umtriebe ergeben hat. *Die schliesslich anzunehmende Hiebsfläche, welche als Regulator bei der Festsetzung des Hiebssatzes dienen muss, ist nicht das Resultat einer einseitigen Rechnung, sondern das vielseitiger Erwägungen, unter denen allerdings die Beachtung des finanziellen Umtriebes eine Rolle spielt.*

Hierauf wird mit Hilfe des Taxationsmanuales und der vorliegenden Bestandskarte die Zusammenstellung der einzelnen Hiebsorte für die nächsten 10 oder 20 Jahre vorgenommen. Unter steter Berücksichtigung der Hiebsfolge, um weder Gefahren des Windbruches, noch Schwierigkeiten bezüglich der Abfuhre hervorzurufen, sind in den ersten Hiebsentwurf aufzunehmen:

1. *Alle wirtschaftlichen Notwendigkeiten.* Dahin gehören alle Loshiebe und jene Schläge, welche zur Verkürzung der Hiebszüge, zur allmählichen Ueberführung vorübergehender Hiebszüge in bleibende geführt werden müssen.

2. Alle entschieden hiebsreifen Orte, deren Weiserprozent unzweifelhaft unter den angenommenen Wirtschaftszinsfuss gesunken ist, soweit überhaupt die Möglichkeit vorliegt, sie unter Beachtung der Hiebsfolge und ohne Gefahr für dahinter liegende Mittelhölzer zu schlagen.

3. Alle jene Bestände, welche der Ordnung der Hiebsfolge als Opfer fallen müssen, z. B. kleine, noch nicht erntereife Mittelhölzer, die innerhalb entschieden hiebsreifer Orte liegen und nicht übergehalten werden können.

Etwaige Zweifel bezüglich der unter 2 und 3 genannten Bestände, welches Opfer grösser sei, das Stehenlassen eines hiebsreifen oder der Abtrieb eines noch nicht reifen Ortes, kann meistens schon die Flächengrösse der fraglichen Bestände entscheiden. Je schwieriger übrigens in solchen Fällen die Entscheidung ist, desto geringer sind natürlich die wirtschaftlichen Opfer, man mag für oder gegen den Abtrieb beschliessen, und wird deshalb in derartigen Zweifelsfällen die Rücksicht auf die Ordnung des Hiebsganges massgebend bleiben.

4. Jene Bestände, deren Hiebsreife im Sinne des Weiserprozentes zweifelhaft ist, soweit diese überhaupt vom Hiebe getroffen werden können. Diese Orte machen eine möglichst genaue Berechnung des Weiserprozentes einerseits zwar wünschenswert, andrerseits werden aber auch Irrtümer, welche in der Unvollkommenheit dieser Rechnung ihren Grund haben können, mit den geringsten wirtschaftlichen Opfern verknüpft sein.

Die Summe der unter 1—4 genannten Hiebsorte nach Fläche und Masse würde den Hiebssatz als Folge einer absoluten Bestandswirtschaft für den gewählten Wirtschaftszeitraum ergeben.

Für kleine, im aussetzenden Betriebe zu bewirtschaftende Wäldchen, bei denen man ohnehin auf die Regelmässigkeit der Jahresnutzung Verzicht leisten muss, bedarf es eines weiteren Regulators dieses so gefundenen Hiebssatzes nicht. Anders ist es mit grösseren Waldungen, für welche namentlich die Rücksichten auf den Holzmarkt und auf die Waldarbeiter nicht bloss den aussetzenden Betrieb, sondern auch allzugrosse Ertragsschwankungen unmöglich machen. Hier muss der aus dem Ansatze der einzelnen Bestände gewonnene Hiebssatz einem modifizierenden Regulator unterliegen. Als solcher ist, wie wir schon hervorhoben, der dem finanziellen Umtrieb entsprechende Jahresschlag zu betrachten, wenn das Altersklassenverhältnis nicht sehr abnorm ist. Bei grosser Abnormität des Altersklassenverhältnisses kann man allerdings die einfache Grösse des Jahresschlages nicht ohne weiteres als Regulator wählen, sondern nur eine solche, welche sich durch Berücksichtigung der Abnormität nach allgemeinen Erwägungen ermitteln lässt. Bei bedeutendem Ueberschuss an Althölzern wird man z. B. etwas mehr, bei einem Mangel derselben etwas weniger Fläche annehmen. Um eine scharf bestimmte, genau berechnete Grösse handelt es sich hier nicht, sondern nur um die Angabe des ungefähren Maximums und Minimums der möglichen Hiebsfläche. Bewegt sich nun der als Summe der unter 1—4 genannten Bestände berechnete Hiebssatz innerhalb dieser Grenzen, so kann man ihn ohne weitere Modifikation annehmen. Ueberschreitet die Summe der vorläufig angesetzten Hiebsorte das Maximum der Hiebsfläche, so lässt sich meist mit Hilfe der unter 4 angesetzten, hiebszweifelhaften Bestände eine Korrektur vornehmen. Erreicht die Summe nicht das Minimum, so wird man sich, wenn eine recht sparsame Wirtschaft möglich ist, dabei beruhigen, oder man muss nötigenfalls noch einige Hiebsflächen aus Orten wählen, welche ihrer Erntereife am nächsten stehen und abtriebsfähig sind.

Anstatt eines Regulators in der Fläche lässt sich auch ein solcher aus dem Verhältnis zwischen dem normalen und dem wirklichen Vorrat, kurz gesagt, die Formel

einer der Normalvorratsmethoden (§ 112, 113) wählen, wir geben aber der Einfachheit wegen ersterem den Vorzug. Die späteren Revisionen finden übrigens in dem wertvollen Endresultat der Abnutzungstabelle einen sehr einfachen und brauchbaren Regulator für den künftigen Hiebssatz.

Anmerkung. Wenn im vorstehenden unter Erntereife der Bestände eine solche im Sinne der Finanzwirtschaft zu verstehen ist, weil wir die Grundsätze der letzteren für richtig halten, so ist dies immerhin nicht ohne weiteres charakteristisch für das Verfahren der sogenannten Bestandswirtschaft. Dieses behält auch dann einen ihm eigentümlichen Wert, wenn man die Erntereife der Bestände nach anderen Rücksichten, z. B. nach den Anforderungen des Umtriebes der höchsten Massenproduktion oder nach denen des technischen Umtriebes bemessen wollte.

8. Die Zwischennutzungen.

§ 81. Im Sinne des Normalwaldes werden Zwischen- oder Vornutzungen fast nur als Durchforstungen erfolgen. Die wirkliche Wirtschaftsführung erfordert dagegen die formelle Abgrenzung eines erweiterten Begriffes der Zwischennutzungen, um den tatsächlichen Verhältnissen des Waldes in Buch und Rechnung zu entsprechen, namentlich um letztere in kurzen, gewöhnlich jährlichen, Zeiträumen abschliessen zu können. Zur Erklärung des Begriffes der Zwischennutzungen gehen wir im Anschluss an die im Königreich Sachsen geltende Instruktion (v. 1897) für die Taxationsnachträge von den Abtriebsnutzungen aus.

Unter Abtriebsnutzungen verstehen wir:

1) Alle Erträge von planmässigen und ausserplanmässigen Kahl-, Plenter-, Mittel- und Niederwaldschlägen, sowie von Plenterungen.

2) Sämtliche Einzelnutzungen aus den im laufenden Wirtschaftsplane zum Kahlhiebe angesetzten oder zur allmählichen Verjüngung bestimmten Beständen oder Bestandsteilen.

3) Die infolge von Naturereignissen in den nicht zum Hiebe stehenden Orten entstehenden Einzelnutzungen von solcher Bedeutung, dass die Verjüngung des betreffenden Bestandes oder Bestandsteiles unzweifelhaft geboten erscheint, gleichviel ob der Abtrieb in nächster Zeit wirklich erfolgen kann oder nicht. (Erreichen jedoch derartig beschädigte Bestandsteile die Grösse von 0,20 ha nicht, so ist betreffender Ertrag als Zwischennutzung zu buchen.)

4) Alle Nutzungen, welche zu Verjüngungszwecken erfolgen, auch wenn dabei eine Fläche nicht zu buchen ist, oder die Verjüngung selbst aufgeschoben werden muss, also z. B. Erträge von unter 5 m breiten Absäumungen, Vorentnahme zur Begünstigung von Unterwuchs und dergl.

5) Diejenigen Erträge, durch deren Gewinnung bestimmte Flächen dauernd der Holzzucht entzogen werden, und zwar auch dann, wenn zunächst oder überhaupt eine Fläche nicht erscheint, also z. B. Räumungen behufs Vergrösserung von Steinbrüchen, Kiesgruben etc., durch welche erst nach und nach eine Fläche vom Holzboden zum Nichtholzboden übertritt, Schneisendurchhiebe, Durchhiebe behufs Neuanlage von unter 5 m breiten Wegen, Herstellung dauernd holzleer zu erhaltender Streifen längs wichtiger Wege, längs der Grenzen und Nichtholzbodenflächen.

Als Zwischennutzungen gelten alle Erträge, welche nach den vorstehenden Bestimmungen nicht unter die Abtriebsnutzungen gehören, also

1) die Erträge der Durchforstungen,

2) die der Läuterungs- oder Reinigungshiebe,

3) die Erträge von Räumungen und Aufastungen,

4) die zufälligen Nutzungen, als z. B. Entnahmen von dürren Bäumen, Wind- und Schneebruchhölzern u. dgl., insoweit sie nicht in Hiebsorten erfolgen.

Bezüglich der unter 4 genannten Zwischennutzungen sind Zweifel oft darüber möglich, ob sie nicht zu den oben unter 3 erwähnten Abtriebsnutzungen zu rechnen seien. Eine so scharfe Abgrenzung beider Nutzungen, welche alle Zweifel ausschliessen möchte, lässt sich aber nur mit Hilfe künstlicher Voraussetzungen schaffen. Jedenfalls ist für die zufälligen Nutzungen, die als Zwischennutzungen zu gelten haben, charakteristisch, dass sie nicht zur Erreichung eines vorgesteckten wirtschaftlichen Zieles dienen, sondern durch äussere zufällige Anlässe bedingt sind[32]).

Die Schätzung des zu erwartenden Ertrages der Zwischennutzungen kann bestandsweise nur bei den unter 1—3 genannten Nutzungen erfolgen, die zufälligen Nutzungen lassen sich im einzelnen nicht vorausbestimmen. Wir halten jedoch auch für die ersteren eine summarische Veranschlagung, womöglich getrennt nach den verschiedenen Kategorieen, auf Grundlage der lokalen Erfahrungen aus der Vergangenheit für einen genügenden Weg. Wo diese lokalen Erfahrungen fehlen, da werden doch meist dem Forsteinrichter von anderen, ähnlichen Revieren brauchbare Durchschnittsgrössen zu Gebote stehen.

Die Durchforstungsorte sind einzeln mit ihrer Fläche, aber ohne Schätzung und Angabe der Einzelerträge, zu verzeichnen. Die Orte, aus denen die unter 2 und 3 genannten Zwischennutzungen erfolgen, sind einfach ohne Flächenangabe zusammenzustellen.

Bei allen Anschlägen, welche sich auf Durchschnittszahlen der Vergangenheit stützen, ist selbstverständlich den etwa veränderten Verhältnissen Rechnung zu tragen. Ebenso sind auch an Zwischennutzungen ungewöhnlich reiche Jahre (umfangreiche Wind-, Schneebrüche etc.) bei der Berechnung des Durchschnittes ausser Ansatz zu lassen.

§ 82. Die Frage, ob die Zwischennutzungen bei der Ermittelung des Hiebssatzes und bei der endgültigen Buchung im Wirtschaftsplane den Abtriebsnutzungen zuzurechnen seien, ob also ein aus der Summe beider bestehender Hiebssatz aufgestellt werden soll, oder ob man beide getrennt zu halten hat, ist verschieden beantwortet worden. So viel steht wohl fest, dass man bei der Ertragsbestimmung zunächst allein die Abtriebsnutzung zu ermitteln hat, und dass es auch am einfachsten ist, wenn nur diese für die künftige Wirtschaft massgebend bleibt. Dabei lässt sich aber nicht leugnen, dass man nicht selten in stärkerer oder geringerer Durchforstung der in Frage kommenden Bestände ein willkommenes Hilfsmittel erblicken kann oder muss, um unvermeidliche Schwankungen der Abtriebsnutzungen für eine gewisse Zeit auszugleichen. Man mag nun so oder so verfahren, also entweder als zu verschlagenden und zu kontrollierenden Hiebssatz nur den der Abtriebsnutzungen dem Wirtschaftsplane einfügen und die unsicheren Zwischennutzungen mehr nebenher laufen lassen, oder die Summe von beiden als massgebend für die wirklich zu verschlagende Holzmasse betrachten, in beiden Fällen muss immerhin wegen der wenigstens in grösseren Waldgebieten nötigen Aufstellung des Budgets diese Summe gezogen werden.

---

32) Die preussische Staatsforstverwaltung zählt zu den Vornutzungen im Hochwalde:

1) die Durchforstungen, welche den Nebenbestand betreffen,

2) Die stamm- und gruppenweisen Hauungen der Bestandspflege im Hauptbestande, welche keine Bestandsergänzung oder über 5 % betragende Verminderung des vorausgesetzten Hauptnutzungsertrages begründen (Läuterungshiebe, Auszugshiebe),

3) die Holznutzungen, welche infolge von Waldbeschädigungen eingehen, ohne jedoch zu einer Bestandsergänzung zu nötigen und ohne die vorausgesetzte Hauptnutzung um mehr als 5 % zu schmälern (Einzeltrocknis, Einzelbruch durch Wind etc.).

Soweit die Nutzungen zu 1—3 in Beständen der laufenden Wirtschaftsperiode eingehen, sind sie aber als Hauptnutzungen zu behandeln. Alle Erträge des Mittel- und Plenterwaldes zählen ebenfalls zur Hauptnutzung. — Zu vergl. v. Hagen, „Die forstlichen Verhältnisse Preussens", 3. Aufl., bearbeitet von Donner, 1894. 1. Bd. S. 208.

Schwierig ist aber die Erledigung der Frage, inwieweit der Wirtschafter an die Erfüllung der planmässigen Abtriebsnutzungen gebunden sein soll, wenn der erfolgende Ertrag der Zwischennutzungen deren Ansatz nicht erreicht oder überschreitet.

Im allgemeinen ist wohl daran festzuhalten, dass die zum Hiebe gesetzten Bestände, wenn irgend möglich, während des bestimmten Wirtschaftszeitraumes auch tatsächlich abgetrieben werden sollen. Dieser Grundsatz bedarf aber doch einiger Modifikationen, die sich in der Hauptsache auf folgendes zurückführen lassen:

1. Erreicht der wirkliche Ertrag der Zwischennutzungen den angesetzten nicht, so muss der gesamte Hiebssatz unerfüllt bleiben, denn es ist mit dem Plane nicht vereinbar, deshalb mehr Bestände, als dazu bestimmt waren, zum Abtriebe zu bringen.

2. Uebersteigt der wirkliche den angesetzten Ertrag der Zwischennutzungen, so ist nach Massgabe der Ursachen dieses Erfolges verschieden zu verfahren.

a) Die Erträge von Durchforstungen, Läuterungshieben, Räumungen von Waldrechtern u. dgl. können wohl zur Ausgleichung von Unregelmässigkeiten der einzelnen jährlichen Abtriebsnutzungen verwendet werden, dagegen soll eine Ersparung an planmässiger Hiebsfläche niemals Folge derartiger Mehrerträge sein, da deren Gewinnung nicht bloss Massregel der Ernte, sondern auch der Bestandspflege ist.

b) Zufällige Erträge von Trockenhölzern, Wind- und Schneebrüchen u. s. w. veranlassen eine entsprechende Zurückstellung von der planmässigen Hiebsfläche, wenn sie

α) planwidrige Flächenabtriebe, „Vorhauungen", bedingen, in welchem Falle sie ohnehin den Charakter von Zwischennutzungen verlieren, d. h. zu den Abtriebsnutzungen zu rechnen sind,

β) wenn sie nachweisbar, und zwar mit bedeutendem Betrage, auf Kosten der künftigen Abtriebserträge einzelner Bestände erfolgen, selbst ohne dass planwidrige Flächenabtriebe vorgenommen werden können oder müssen.

Diese hier angedeuteten Rücksichten wird man auf alle Fälle beachten müssen, man mag für den Wirtschaftsplan nur einen Abtriebsnutzungs-Hiebssatz oder einen solchen als Summe der Abtriebs- und Zwischennutzungen gegeben haben.

4. Zerfällung des Hiebssatzes in Sortimente.

§ 83. Wo alle Sortimente, also auch Reisig, absetzbar sind, erfolgt die Schätzung der Bestände nach der Summe von Derbholz und Reisig, nach der sogenannten Gesamtmasse, und zwar bezüglich der einzelnen Holzarten wenigstens getrennt in Laub- und Nadelholz. Nur ausnahmsweise sind besonders wertvolle Holzarten, z. B. alte Eichen, gesondert anzusetzen.

Bei Berechnung des Hiebssatzes aus den einzelnen Beständen erhält man also eine Summe, welche getrennt nach Laubholz und Nadelholz die zu erwartende Gesamtmasse ergibt. Die Trennung dieser Summe in Derbholz und Reisig, ferner aber auch die Trennung derselben in Nutz- und Brennholz, erfolgt am zuverlässigsten nach lokalen Erfahrungssätzen (bez. Prozenten), wie solche in der Abnutzungstabelle enthalten sein sollen. Diese müssen freilich bei wesentlich anderem Charakter der Hiebsorte gegenüber dem der früheren, abgetriebenen Bestände, oder bei wesentlichen Veränderungen des Holzmarktes sachverständigen Modifikationen unterliegen.

Ebenso ist bezüglieh des Stockholzes zu verfahren, welches man am sichersten nach seinem Verhältnis zu der zu erwartenden Derbholzmasse veranschlagt.

Dort, wo Reisig keinen Absatz findet, erfolgt die Einschätzung der Hiebsorte zweckmässig auch nur nach Derbholz.

5. Beispiel der Ertragsbestimmung für den schlagweisen Hochwald, insbesondere Kahlschlagbetrieb.

§ 84. Ein Hochwald, welcher in der Hauptsache aus Fichten, hier und da gemischt mit einigen Buchen und Tannen, besteht, ist 171,09 ha gross, von welcher Fläche 169,84 ha dem Holzboden, 1,25 ha dem Nichtholzboden, nämlich der den Wald durchschneidenden Strasse, angehören. Der ganze Wald bildet eine Betriebsklasse und im grossen Durchschnitt lassen die Standorts- und Ertragsverhältnisse die Bonitierungstafeln des § 53 anwendbar erscheinen. Die Standortsbonitäten sind in der Tabelle § 64 zusammengestellt.

Folgende Karte, im Massstabe von ungefähr 1 : 17500, gibt ein Bild von der Verteilung der Altersklassen.



Nadelholz.



Die Einteilung des Waldes erfolgte so, dass man die vor einigen Jahren neugebaute, 6 m breite Talstrasse als Wirtschaftsstreifen gewählt hat, auf welchen sich mehr oder weniger rechtwinklig die Schneisen 1 bis 4 stellen. Die Schläge können später alle parallel diesen Schneisen geführt werden. Die Neigung des Tales geht von Südwest nach Nordost. Die Abteilungen 1 bis 5 bilden einen Südosthang, die Abteilungen 6 bis 10 einen Nordwesthang. Die bleibenden Hiebszüge bestehen meist aus zwei Abteilungen, nämlich 1 und 2, 3 und 4, 7 und 8, 9 und 10, nur die beiden Abteilungen 5 und 6 sollen jede für sich allein einen kleinen Hiebszug bilden.

In einem so kleinen Walde ist es nicht gut möglich, so viel Hiebszüge zu schaffen, dass man in einem Jahrzehnte nur einmal an derselben Stelle zu schlagen brauchte, wenn man für die Abtriebsnutzung den jährlichen Betrieb festhalten will, es ist aber immerhin ein genügender Wechsel der Schläge angebahnt. Die Bestandsgruppierung gestattet ein sofortiges Festhalten der oben genannten 6 Hiebszüge nicht, es entstehen zunächst einige vorübergehende Hiebszüge, wie aus dem nachfolgenden

Hiebsentwurf näher zu ersehen ist. Der Hiebszug 1, 2 muss bezüglich der Bestände 3^b und 3^c in Abteilung 3 übergreifen, der Hiebszug 3, 4 kann nicht an der Schneise 2 beginnen, sondern muss in 3^a anfangen. Die drei Hiebszüge des Nordwesthanges müssen vorläufig als zwei behandelt werden, deren Abgrenzung in der Hiebsrichtung an der Bestandsgrenze zwischen 8^a und 8^b liegt. Es muss daher der späteren Zukunft vorbehalten bleiben, durch rechtzeitig eingelegte Loshiebe die bleibenden Hiebszüge herzustellen. Am Nordwesthang werden z. B. einst solche Loshiebe nötig werden an der Schneise 1 und an der Schneise 3. Wann diese Massregeln zu ergreifen sein werden, dies zu entscheiden, kann man jetzt getrost der Zukunft überlassen.

Der Kürze wegen sei die Bestandsbeschreibung nicht für die sämtlichen Rubriken des Taxationsmanuales gegeben, sondern nur in folgender Form. Die gebrauchten Abkürzungen sind ohne Erklärung verständlich; die römischen Ziffern bedeuten die Altersklassen, die diesen beigeschriebenen deutschen Ziffern die Bestandsbonitäten.

	1a	2,72 ha	Fi., einige Birk., übergeh. Bu. u. Ta., 5jährig	I. 2.
	b	4,48 „	Blösse	
	c	6,40 „	0,9 Fi., 0,1 Ta. 90jährig	V. 2.
Abteilung 1.		13,60 ha.		
	2a	7,20 ha	0,9 Fi., 0,1 Ta., 90jährig	V. 2.
	b	8,32 „	Fi., 25jährig	II. 3.
	c	4,00 „	Fi., 50jährig	III. 2.
Abteilung 2.		19,52 ha.		
	3a	11,84 ha	0,8 Fi., 0,2 Ta., einige Bu., 75jährig . . .	IV. 3.
	b	5,12 „	Fi., 50jährig	III. 2.
	c	3,04 „	Fi., 25jährig	II. 3.
Abteilung 3.		20,00 ha.		
	4a	5,60 ha	0,9 Fi., 0,1 Ta., 75jährig, durch Windbruch etwas gelichtet	IV. 1.
	b	6,08 „	Fi., 35jährig	II. 3.
	c	5,60 „	Fi., einige Birk., 15jährig	I. 2.
Abteilung 4.		17,28 ha.		
	5a	3,20 ha	Fi., 35jährig	II. 3.
	b	11,68 „	Fi., einige Birk., übergeh. Bu., 10jährig .	I. 2.
	c	4,32 „	0,6 Fi., 0,2 Ta., 0,2 Bu., 100jährig, gelichtet, mit Bu.- u. Ta.-Unterwuchs	V. 2.
Abteilung 5.		19,20 ha.		
	6a	2,56 ha	Fi., einige übergeh. Bu. u. Ta., 21jährig .	II. 3.
	b	5,44 „	Fi., einige übergeh. Bu. u. Ta., 10jährig .	I. 3.
	c	2,72 „	Fi., 65jährig, durchbrochen	IV. 1.
	d	4,16 „	0,6 Fi., 0,2 Ta., 0,2 Bu., 90jährig	V. 3.
Abteilung 6.		14,88 ha.		
	7a	2,40 ha	0,6 Fi., 0,2 Ta., 0,2 Bu., 90jährig	V. 2.
	b	9,76 „	Fi., einige Ta., 25jährig	II. 3.
	c	4,96 „	Fi., 65jährig, durchbrochen	IV. 1.
Abteilung 7.		17,12 ha.		
	8a	6,40 ha	Fi., einige Ta. und Bu., 25jährig	II. 4.
	b	12,48 „	0,6 Fi., 0,3 Ta., 0,1 Bu., 75jährig	IV. 4.
Abteilung 8.		18,88 ha.		

9a 4,16 ha 0,6 Fi., 0,3 Ta., 0,1 Bu., 75jährig . . . . IV. 3.
b 7,84 „ Fi., 45jährig . . . . III. 4.
c 3,36 „ Fi., 35jährig . . . . II. 4.

Abteilung 9. 15,36 ha.

10a 3,68 ha Fi., 35jährig . . . . II. 4.
b 4,32 „ Fi., 5jährig . . . . I. 3.
c 2,24 „ Blösse
d 3,76 „ 0,5 Fi., 0,2 Ta., 0,3 Bu., 100jährig, gelichtet, mit Ta.- u. Bu.-Unterwuchs . . . . . . V. 3.

Abteilung 10. 14,00 ha.

Die Summe sämtlicher Abteilungen ergibt 169,84 ha Holzboden.

Die Abtriebsnutzungen.

§ 85. Die Standorts- und Bestandsverhältnisse entsprechen zwar nicht vollständig der von uns im § 14 für die 3. Bonität entwickelten, finanziellen Ertragstafel, die dort gefundenen Resultate mögen jedoch hier als Anhaltspunkt dienen, um die Annahme eines etwa 80- bis 90jährigen Umtriebes zu rechtfertigen. Uebrigens kann auch vorausgesetzt werden, dass einige Weiserprozent-Untersuchungen ein ähnliches Resultat ergeben hätten.

Die Vergleichung des wirklichen Altersklassenverhältnisses mit dem normalen ergibt einen Ueberblick über das Zuviel oder Zuwenig der einzelnen Klassen.

Klassen	Altersklassenverhältnis			Für den 80j. U.		Für den 90j. U.	
	wirkliches	normales		zu viel	zu wenig	zu viel	zu wenig
		80j. U.	90j. U.				
Blössen	6,72	2,10	1,87	4,62	—	4,85	—
I.	29,76	41,93	37,32	—	12,17	—	7,56
II.	46,40	41,93	37,33	4,47	—	9,07	—
III.	16,96	41,94	37,33	—	24,98	—	20,37
IV.	41,76	41,94	37,33	—	0,18	4,43	—
V.	28,24	—	18,66	28,24	—	9,58	—

Diese Klassenvergleichung weist zwar selbst für den 90jährigen Umtrieb einen kleinen Ueberschuss an Beständen IV. und V. Altersklasse nach, jedoch einen so bedenklichen Mangel an III. Altersklasse, dass eine ziemlich sparsame Wirtschaft geboten erscheint, um den nach 30 bis 40 Jahren eintretenden Mangel an Althölzern einst durch deren jetzigen Ueberschuss decken zu können. Der regulierende Einfluss der Beschaffenheit des ganzen Revieres auf den aus den Einzelbeständen ermittelten Hiebssatz wird sich also dadurch geltend machen müssen, dass man, wenn irgend tunlich, für den nächsten Wirtschaftszeitraum nicht ganz den normalen Jahresschlag des 90jährigen Umtriebes zum Hiebe bringt.

Da nun für den kleinen Wald wegen früherer, mangelhafter Buchführung jede brauchbare Rechnungsunterlage aus der Vergangenheit fehlt, stellen wir zunächst einen vorläufigen Hiebsentwurf für die nächsten 20 Jahre, nicht bloss für das nächste Jahrzehnt, mit Hilfe der Untersuchung der Einzelbestände zusammen.

1. Wirtschaftliche Notwendigkeiten.

Von 2c 0,56 ha, ein 20 m breiter Loshieb an der Grenze von 2b, wenn von diesem Bestand überhaupt nicht mehr zum Hiebe gesetzt werden kann.

Von 3a, 1,10 ha, ein 10 m breiter Loshieb längs der Grenze von 3b und ein 20 m breiter Loshieb längs der Grenze von 3c. Der an der Südseite von b gelegene

Loshieb ist zwar nicht ganz ohne Gefahr, indessen muss jedenfalls a eher abgetrieben werden als b, ausserdem ist zu beachten, dass 3b voraussichtlich im dritten Jahrzehnt zum Hiebe gelangen, eine Schädigung des Randes also nicht zu lange andauern wird.

Von 5a 0,48 ha, ein 20 m breiter Loshieb an der Schneise 4 und von 5b 0,27 ha, ein 10 m breiter Loshieb an derselben Schneise. Hiedurch wird die künftige Selbständigkeit des bleibenden Hiebszuges, Abteilung 5, hergestellt. Der Loshieb in a wird im ersten Jahrzehnt nur 10 m breit, seine Verbreiterung und der Loshieb in b werden erst im zweiten Jahrzehnt auszuführen sein.

Von 8b 1,20 ha, ein 20 m breiter Loshieb an der Grenze von 8a, um den aus dem Bestand 8b und den Abteilungen 9 und 10 bestehenden, vorübergehenden Hiebszug von den ebenfalls vorübergehenden, aus den Abteilungen 6 und 7 und dem Bestand 8a bestehenden Hiebszug in der Richtung des Hiebes zu trennen.

Die Summe unter 1 beträgt 3,61 ha.

2. Entschieden hiebsreife Orte, deren Weiserprozent unter den Wirtschaftszinsfuss bereits gesunken ist, in den nächsten 20 Jahren jedenfalls darunter sinken wird.

1c 6,40 ha, 2a 7,20 ha, 5c 4,32 ha, 6d 4,16 ha, 7a 2,40 ha und 10d 3,76 ha, in Summe unter 2. 28,24 ha.

3. Bestände, welche der Ordnung der Hiebsfolge zum Opfer fallen müssen.

6c 2,72 ha, von 7b etwa 1 ha, die zwischen a und c einspringende Ecke wegen des Holztransportes aus c, 7c 4,96 ha und von 3a etwa 3 ha, sowie von 8b etwa 3 ha ausser den in diesen Beständen angesetzten Loshieben. In Summe 14,68 ha.

4. Zweifelhafte Bestände.

Solche sind eigentlich nur die unter 3. nicht mit angesetzten Reste von 3a und 8b, sowie die Bestände 4a und 9a. Da jedoch in diesen Beständen voraussichtlich nicht geschlagen werden kann, wenn man nicht zuviel Schläge erhalten will, lassen wir sie ausser Ansatz, selbst wenn ihr Weiserprozent, was namentlich bezüglich 4a zu vermuten ist, bereits unter 3 gesunken sein sollte.

Die Summe der vorläufig zum Hieb angesetzten Bestände beträgt sonach:

unter 1.	3,61	ha
„ 2.	28,24	„
„ 3.	14,68	„
„ 4.	— —	„
zusammen	46,53	ha.

Es würde diese Summe einen Jahresschlag von 2,33 ha, also nach der Vergleichung des Altersklassenverhältnisses eine viel zu grosse Fläche ergeben. Der Jahresschlag des 90jährigen Umtriebes beträgt für die nächsten 20 Jahre reichlich 37 ha, der Mangel an III. Altersklasse weist aber darauf hin, dass wir nicht einmal diesen, sondern nur etwa 25 bis 30 ha zum Hiebe setzen dürfen. Es muss also von obiger Hiebsfläche der bedeutende Betrag von etwa 15 bis 20 ha gestrichen werden.

Für diese Ersparung sind wir auf die unter 2 und 3 genannten Bestände angewiesen, und ist sie hauptsächlich im Sinne der Ordnung der Hiebsfolge zu bewirken. Um dem dritten Jahrzehnt noch sehr gute Althölzer zu überliefern, und um jetzt zu grosse Schläge zu vermeiden, werden wir zunächst 2a mit 7,20 ha und 7a mit 2,40 ha streichen. Die Folge davon ist, dass nunmehr auch 7c mit 4,96 ha und von 7b 1 ha nicht der Hiebsordnung wegen geschlagen zu werden brauchen. Ausserdem kann man in den zweifelhaften Beständen 3a und 8b, in welchen der Hiebsordnung wegen 6 ha angesetzt worden sind, noch etwas ersparen, nämlich rund 2 ha von 3a und 1 ha von 8b.

Wir erhalten nach diesen Kürzungen nunmehr für die nächsten 20 Jahre folgende Hiebsorte:

	1c	6,40 ha	
von	2c	0,56 „	ein 20 m breiter Loshieb längs 2b.
„	3a	2,10 „	einschliesslich des 10 m breiten Loshiebes längs b und des 20 m breiten Loshiebes längs c.
„	5a	0,48 „	ein 20 m breiter Loshieb an der Schneise 4.
„	5b	0,27 „	ein 10 m breiter Loshieb an der Schneise 4.
	5c	4,32 „	
	6c	2,72 „	
	6d	4,16 „	
„	8b	3,20 „	einschliesslich des 20 m breiten Loshiebes längs 8a.
	10d	3,76 „	
Summe		27,97 ha.	

Unter Voraussetzung der Möglichkeit, diese Schläge planmässig zu führen, würde das Altersklassenverhältnis nach 20 Jahren lauten:

Blössen	1,40 ha,	letzter Jahresschlag.
I.	33,29 „	
II.	29,49 „	
III.	45,92 „	
IV.	16,40 „	
V.	33,74 „	
VI.	9,60 „	
Summe	169,84 ha.	

Diese wesentlich günstigere Gestaltung des Altersklassenverhältnisses lässt mit ziemlicher Sicherheit erwarten, dass man bereits im dritten Jahrzehnt den normalen Jahresschlag des 90jährigen Umtriebes wird nutzen können. Die Summe der über 60 Jahre alten Hölzer beträgt dann 59,74 ha, während sie normal nur 56 ha betragen sollte, und besteht überdies vorwiegend aus über 80jährigen Beständen. Welche Orte dann zu schlagen sein werden, darüber entscheiden einst die späteren Revisionen am besten. Ja es ist nicht unmöglich, dass schon das zweite Jahrzehnt mit etwas grösserer Hiebsfläche ausgestattet werden kann, als jetzt angenommen wurde, weshalb es auch statthaft erscheint, das erste Jahrzehnt, in welches mehrere Loshiebe in jungen Hölzern fallen, von obigen 27,97 ha mit etwas mehr als der Hälfte zu bedenken. Dies um so mehr, als den Hiebsorten des zweiten Jahrzehntes durchschnittlich noch ein 15jähriger Zuwachs zu gute kommt.

§ 86. Mit Hilfe der Schätzungen der Hiebsorte, welche wir uns hier so ausgeführt denken, dass ein besonderer Zuschlag eines durchschnittlich 5jährigen Zuwachses nicht nötig erscheint, ergibt sich für das nächste Jahrzehnt folgender Betrag an Abtriebsnutzungen:

	Fläche	Ertrag	
		1 ha	im Ganzen
von 1c	3,20 ha	450 fm	1440 fm
„ 2c	0,56 „	200 „	112 „
„ 3a	1,10 „	520 „	572 „
„ 5a	0,24 „	120 „	29 „
„ 5c	2,16 „	500 „	1080 „
„ 6c	1,76 „	180 „	317 „
Transport	9,02 ha		3550 fm

	Fläche	Ertrag 1 ha	Ertrag im Ganzen
Transport	9,02 ha		3550 fm
von 6d	2,00 „	650 fm	1300 „
„ 8b	2,20 „	750 „	1650 „
„ 10d	1,88 „	700 „	1316 „
	15,10 ha		7816 fm.

Ueber die Zerfällung dieses Hiebssatzes in Laub- und Nadelholz, sowie über Erläuterungen zu den einzelnen Hiebsorten zu vergl. § 94.

Im ersten Jahre des zweiten Jahrzehntes findet eine Revision statt, welche den Hiebssatz desselben mit noch grösserer Sicherheit bestimmen kann, weil ihr dann die während des ersten Jahrzehntes gesammelten Erfahrungen zu Gebote stehen.

Die Zwischennutzungen.

§ 87. Da auch bezüglich dieser Nutzungen lokale Erfahrungszahlen fehlen, so sind auf ähnlichen Revieren gewonnene Erfahrungen zu benutzen. Diese ergeben im Grossen etwa 10 fm für 1 ha der gesamten Holzbodenfläche während eines Jahrzehntes. Zieht man nun in Erwägung, dass die III. Altersklasse, welche in der Regel die meisten durchforstungsfähigen und durchforstungsbedürftigen Bestände enthält, zwar fast ganz fehlt, dass aber andererseits viele Bestände der II. und der IV. Klasse Durchforstungen fordern, ferner aber auch, dass von den hauptsächlich Dürrhölzer liefernden Althölzern nur eine sehr geringe Fläche übrig bleibt, endlich, dass Räumungen von Waldrechtern in nur unbedeutender Ausdehnung nötig werden, so darf man wohl annehmen, dass der Betrag von 10 fm nicht erreicht werden dürfte. Man begnügt sich also, für das nächste Jahrzehnt durchschnittlich für 1 ha 6 bis 8 fm, im Ganzen sonach abgerundet 1200 fm in Ansatz zu bringen. Für das zweite Jahrzehnt werden bezüglich der Zwischennutzungen so viele lokale Erfahrungen gewonnen sein, dass man dann einen viel sichereren Ansatz für die Zukunft erhalten kann.

Durch diese hier beispielsweise vorgenommene, ungefähre Schätzung nach Durchschnittserträgen im Grossen soll indessen durchaus nicht behauptet werden, dass man nicht, namentlich für so kleine Wäldchen, wenigstens die Durchforstungserträge durch Einzelschätzung gewinnen könne.

Nach obigem Ansatze stellt sich der gesamte Hiebssatz auf 7816 + 1200 = 9016, oder abgerundet auf 9000 fm.

Ueber die Einzelansätze der Zwischennutzungen ist zu vergl. § 95.

6. Ertragsbestimmung für andere Betriebsarten als für den schlagweisen Hochwaldbetrieb.

a. Der Niederwald.

§ 88. Für diese einfache Betriebsart genügt die Ermittelung des finanziellen Umtriebes. Der Quotient aus letzterem in die gesamte Holzbodenfläche ist gleich der Fläche des Jahresschlages. Man teilt die Fläche unter Berücksichtigung aller massgebenden Umstände, wie namentlich der Transportverhältnisse u. s. w., in so viele Jahresschläge, als der Umtrieb Jahre besagt, wendet also die Methode der sogenannten Schlageinteilung (§ 108) an. Ist ein Niederwald so ausgedehnt, dass es notwendig oder wünschenswert erscheint, in jedem Jahre an verschiedenen Orten zu schlagen, so teilt man ihn zunächst in entsprechend viele Hiebszüge und jeden der letzteren in u Jahresschläge. Es ist keineswegs Bedingung, dass der Gesamtjahresschlag, der Quotient

aus Umtrieb in die gesamte Holzbodenfläche, örtlich im Zusammenhange liege. Verschiedene an den Niederwald zu stellende Anforderungen, verschiedene Standortsverhältnisse eines grösseren Niederwaldes können sogar für die verschiedenen Hiebszüge verschiedene Umtriebe nötig machen, so dass jeder einzelne Hiebszug zur besonderen Betriebsklasse wird (z. B. Eichenschälwald und Erlenniederwald etc.).

Will man bei dieser Einteilung eine möglichste Gleichmässigkeit der Jahresnutzung erzielen, obgleich die gegebenen Standortsverhältnisse eine sehr verschiedene Ertragsfähigkeit der einzelnen Schläge bedingen, so ist die Einteilung nach reduzierten Flächen (§ 54) vorzunehmen. Man wird sich aber bei dieser Reduktion niemals auf kleinliche Rechnungen einlassen, sondern sich stets nur mit stark abgerundeten Näherungswerten begnügen.

Die einzelnen Schläge sind im Walde abzugrenzen und zu versteinen, damit die ausführende Verwaltung nicht notwendig hat, Jahr für Jahr die zum Hiebe stehenden Schläge durch mehr oder weniger mühsame Abmessungen zu bestimmen.

Der Hiebssatz der Abtriebsnutzungen ergibt sich nun einfach durch die Abschätzung aller für das nächste Jahrzehnt zum Hiebe kommenden, genau bestimmten Schläge. Vorgriffe aus einem Schlag in den anderen, ebenso das Zurückbleiben des Hiebes sind unstatthaft, wenn man dadurch nichts anderes erreichen will, als eine grössere Gleichheit der Nutzungen.

Zwischennutzungen sind alle jene Erträge, welche auf den nicht zum Hiebe gesetzten Flächen ausfallen, mit Ausnahme der Erträge etwa vorkommender planwidriger Abtriebe, sogenannter Vorhauungen. Von grosser Bedeutung werden übrigens die Zwischennutzungen in den meisten Niederwaldungen der niedrigen Umtriebe wegen nicht sein. Nur ausnahmsweise bei höheren Umtrieben, wie sie bei manchen Auwäldern vorkommen, können auch hier die Zwischennutzungen einflussreich werden. Ihr Ansatz erfolgt nach lokalen grossen Durchschnittszahlen, welche man durch die Erfahrungen aus der Vergangenheit gewinnt.

b. Der Mittelwald.

§ 89. Für diese Betriebsart ist, wie für den Niederwald, zunächst eine auf den Umtrieb des Unterholzes basierte Schlageinteilung zu treffen. Es erscheint hier noch weniger notwendig, als beim Niederwald, eine proportionale Teilung vorzunehmen[33]), weil sie doch eine Gleichmässigkeit des Ertrages nicht sichern kann, da letzterer ganz wesentlich von der sehr schwankenden Menge des Oberholzes abhängt. Die einzelnen Schläge sind im Walde zu versteinen.

Bezüglich des Oberholzes kann die in § 38 gegebene Entwickelung des normalen Hiebssatzes nur einen ganz ungefähr leitenden Grundgedanken abgeben, mehr nicht. Die Bewirtschaftung des Oberholzes muss eigentlich zur Forstgärtnerei werden. Deshalb bietet der Mittelwaldbetrieb für grössere Waldkomplexe allerdings grosse Schwierigkeiten, deshalb wäre es aber auch verfehlt, einen anderen, als ganz elastischen ungefähren Hiebssatz bestimmen zu wollen. Dieser kann keine andere Bedeutung haben, als den Zwecken der Natural- und Geldvoranschläge zu dienen, niemals darf er als regulative Norm für die Wirtschaft vorgeschrieben werden (Kraft l. c.).

Zur Bestimmung des Hiebssatzes der Abtriebsnutzungen ist auf den für das nächste Jahrzehnt bestimmten, fest abgegrenzten Schlägen die Holzmasse des wahrscheinlich zum Abtriebe kommenden Oberholzes abzuschätzen. Massgebend sind dabei waldbau-

33) Kraft, „Zur Rentabilitäts- und Ertragsberechnung für den Mittelwald.“ A. F. u. J.Z. 1878. S. 221 flg. — Derselbe, „Ueber die Ertragsregelung des Mittelwaldes.“ Monatsschrift f. F. u. J. 1868. S. 165 flg.

liche Rücksichten, sowie die Hiebsbedürftigkeit und Hiebsfähigkeit der einzelnen Oberholzbäume. Die Summe aus dieser Oberholzmasse und dem Betrage des entsprechenden Unterholzes gibt den Hiebssatz für das nächste Jahrzehnt. Derselbe darf aber für den Wirtschafter keineswegs eine bindende Grösse sein.

Nur auf diese Weise allein wird es möglich, den Mittelwald, eine unter Umständen so wertvolle Betriebsart, in gutem Zustande zu erhalten. Jede vorausgehende Bestimmung über den Umtrieb des Oberholzes wird dabei erspart. Ein Mittelwald, in welchem längere Zeit ein auf irgend welche Art ermittelter Hiebssatz genau eingehalten und geschlagen werden soll, muss allmählich zu Grunde gehen, weil nach und nach entweder zu viel Oberholz entsteht, oder ein Mangel an Oberholz eintritt.

Zwischennutzungen kommen nur auf den nicht zum Hiebe gesetzten Schlägen vor. Deren Veranschlagung kann summarisch nach Erfahrungssätzen aus der Vergangenheit erfolgen.

c. Der Plenterwald.

§ 90. Der Plenterwald ähnelt seinem Wesen nach sehr dem Mittelwalde, da die verschiedenen Altersklassen auch in ihm gemengt sind (§ 25). Unzweifelhaft ist der Plenterbetrieb eine nur ausnahmsweise berechtigte Betriebsform. Sie passt für den ausgesprochenen Schutzwald des Hochgebirges und an Meeresküsten oder an den Ufern grösserer Ströme der Niederungen, sowie für parkähnlich zu haltende Luxuswälder. In allen diesen Fällen ist aber die Erhaltung des Waldes Hauptsache, der Ertrag, namentlich aber die Regelmässigkeit des Ertrages, Nebensache. Aus demselben Grunde müssen auch alle finanzwirtschaftlichen Rücksichten denen auf Waldpflege vollständig nachstehen. Erstere können höchstens so weit in Frage kommen, als man den Umtrieb nicht unnötig hoch bestimmen wird.

Die Umlaufszeit (§ 16) wähle man nicht zu lang, damit die öftere Wiederkehr der Plenterung gestattet, nie zu viel auf einmal aus dem für sie bestimmten Orte zu schlagen. Der 10fache Quotient aus der Umlaufszeit in die Gesamtfläche gibt die für das nächste Jahrzehnt zur Plenterung anzusetzende Fläche.

Der beispielsweise zur Erläuterung der Verteilung der Altersklassen § 25 schematisch dargestellte Plenterwald sei 500 ha gross, so entfielen auf jeden Dezennialschlag 200 ha, resp. auf jeden Quinquenualschlag 100 ha. Es wäre also für das nächste Jahrzehnt Teil 1 zur Plenterung anzusetzen, daraus müssten alle über 140jährigen Bäume und von den jüngeren Altersklassen so viele entnommen werden, dass eine entsprechende Anzahl und Verteilung derselben hergestellt wird. Da man nach 25 Jahren mit der Plenterung wieder den Teil 1 trifft, nach 50, 75, 100 und 125 Jahren, von jetzt an gerechnet, ebenfalls, so kann man für die Praxis dadurch ein Anhalten gewinnen, dass man für das nächste Jahrzehnt aus dem ganzen Teil 1 eine Fläche von $33^1/_3$ ha, für ein Jahr sonach $3^1/_3$ ha zum Hieb setzt, welche Fläche jedoch aus zerstreuten, kleinen Horsten zu bestehen hat. Auf dieselbe Weise könnte ein bisher ganz unregelmässig bewirtschafteter Plenterwald wenigstens annähernd allmählich in einen etwas regelmässigeren, normaleren Zustand gebracht werden. Die von der projektierten Fläche zu erwartende, in der Hauptsache durch den Abtrieb der ältesten Bäume zu gewinnende Holzmasse würde den Hiebssatz für das nächste Jahrzehnt bilden.

Die Dezennialschläge sind jedenfalls im Walde abzugrenzen und zu versteinen, bei bedeutender Grösse derselben sind sie zur besseren Orientierung in kleinere Teile zu zerlegen. Am richtigsten wäre es, die einzelnen, jährlich zur Plenterung kommenden Schläge ebenfalls bestimmt abzugrenzen. Also auch für den Plenterwald erscheint eine Schlageinteilung angezeigt, da man bei ihm schon aus andern Gründen auf die Gleichmässigkeit des jährlichen Hiebssatzes verzichten muss.

Ob man im Plenterwald überhaupt Zwischen- und Abtriebsnutzungen unterscheiden will, mag dahingestellt bleiben. Soll dies geschehen, so müsste man alle Einzelnutzungen

in den nicht planmässig zur Plenterung vorliegenden Waldteilen als Zwischennutzungen betrachten.

Jedes andere Verfahren der Ertragsbestimmung, welches den Wirtschafter an einen bestimmten Hiebssatz mehr oder weniger streng bindet, dürfte mit dem Zwecke der Plenterwirtschaft nicht recht vereinbar sein. So z. B. das für die österreichischen Reichsforste vorgeschriebene, der Hundeshagen'schen Methode (§ 112) ähnliche Verfahren [34]), obgleich es sehr gut durchdacht ist. Wir halten schon die Bestimmung eines Normalvorrates des Plenterwaldes für praktisch unmöglich. Bindet man den Wirtschafter gar nicht an einen bestimmten Hiebssatz, betrachtet letzteren vielmehr nur als einen ungefähren Voranschlag, wie es beim Mittelwalde geschehen soll, dann kann man sich für die Ertragsbestimmung auch mit der oben angedeuteten Flächenteilung begnügen, welche wenigstens das für sich hat, dass sie bei konsequenter Durchführung eine allmähliche Verbesserung des Waldzustandes hervorrufen muss.

d. Umwandlungen einer Betriebsart in eine andere.

§ 91. Derartige Umwandlungen lassen sich ausserordentlich viele denken. Allgemein geltende Vorschriften sind deshalb nicht möglich. Mögen wir aber Umwandlungen mit Hilfe des Kahlschlagbetriebes und vollständigem Neuanbau der abgetriebenen Flächen, mögen wir sie mit Hilfe des Plenterschlag- oder Vorverjüngungsbetriebes vornehmen, gleichviel, unter allen Umständen werden wir den einzig sicheren Halt, die einzig sichere Basis für die Ertragsbestimmung nur in der Hiebsfläche finden. Freilich ist dann auch von einer strengen Gleichmässigkeit der Jahresnutzung abzusehen.

Betrachten wir hier nur kurz einen einfachen Fall. Es solle ein unregelmässig bestockter Laubwald, teils Mittel-, teils Niederwald, in Nadelholz umgewandelt werden. Die vorausgegangenen wirtschaftlichen Erwägungen lassen diese Umwandlung geboten erscheinen.

In diesem Fall ist erste und wichtigste Aufgabe die Waldeinteilung, das heisst die Einteilung der ganzen Betriebsklasse in dem Terrain entsprechende kleine Hiebszüge und Abteilungen mit Hilfe eines Schneisen- und Wegenetzes. Dabei ist auf die gegenwärtigen Bestandsverhältnisse absolut keine Rücksicht zu nehmen. Dagegen ist darauf zu achten, dass man in einem grösseren Walde mindestens 10, besser noch mehr Hiebszüge bildet, um es der allerdings späten Zukunft zu ermöglichen, nicht öfters als einmal, höchstens zweimal, in jedem Jahrzehnt an derselben Stelle zu schlagen.

Der wahrscheinliche Umtrieb des künftigen Nadelholzes entzieht sich jetzt jeder sicheren Beurteilung, er kann nur insofern in Frage kommen, als es sich darum handelt, die freilich sehr unsicheren Wahrscheinlichkeitserträge einer späteren Zukunft zu veranschlagen, um die Umwandlung überhaupt zu rechtfertigen.

Dagegen ist zu beurteilen, welches Alter ungefähr die künftigen Nadelholzbestände erreicht haben müssen, um wenigstens einigermassen absetzbares, schlagfähiges, wenn auch im finanzwirtschaftlichen Sinne noch nicht erntereifes Material zu liefern. Dieses Alter bestimmt die Zeit, binnen welcher man mit der Umwandlung den ganzen Wald durchlaufen kann, den sogenannten Umwandlungszeitraum. Würde man letzteren zu kurz wählen, so würden nach Vollendung der Umwandlung während kürzerer oder längerer Zeit Abtriebsnutzungen vollständig fehlen.

Wählen wir z. B. einen Umwandlungszeitraum von 60 Jahren, so ist nach Vollendung der Umwandlung der älteste Nadelholzbestand 60 Jahre alt. Der Quotient

---

34) „Der Plenterwald und dessen Behandlung.“ Wien 1878. S. 8 flg. — Das Verfahren ist auch kurz geschildert in Judeich, „Die Forsteinrichtung.“ 5. Aufl. 1893. S. 404.

aus dem Umwandlungszeitraum in die Gesamtfläche ist gleich jener Fläche, welche jährlich zur Umwandlung gebracht werden muss. Nimmt man nun auch Bedacht darauf, womöglich die schlechtesten Bestände zuerst zur Umwandlung zu bringen, so muss doch die Rücksicht auf die künftige Ordnung der Hiebsfolge überwiegen, und wird man daher die Umwandlungsschläge an die gebildeten Hiebszüge entsprechend verteilen. Dabei entstehen während der Umlaufszeit zwei Schlagreihen, die des Kahlschlagbetriebes und die allmählich kleiner werdende des Mittel- oder Niederwaldbetriebes.

Beispielsweise solle ein 1200 ha grosser Mittelwald in 60 Jahren in Nadelholz umgewandelt werden. In jedem Jahrzehnt gelangen zur Umwandlung 200 ha.

Im ersten Jahrzehnt erhalten wir 200 ha Kahlschläge, 1000 ha bleiben für die Mittelwaldwirtschaft. Im zweiten Jahrzehnt ebenfalls 200 ha Kahlschläge, aber nur 800 ha Mittelwaldbetrieb u. s. w. Im sechsten Jahrzehnt ist gar kein Mittelwaldbetrieb mehr vorhanden. Da nun auf diese Weise der Mittelwaldbetrieb immer kleinere Erträge liefern wird, so kann man sich dadurch etwas helfen, dass man im ersten Jahrzehnt 200 ha Mittelwald, nämlich die Umwandlungsfläche des zweiten Jahrzehntes, ganz übergeht, d. h. die Mittelwaldwirtschaft nur auf 800 ha fortsetzt, ebenso im zweiten Jahrzehnt nur auf 600 ha u. s. w. Dadurch erreicht man, dass die Umwandlungsschläge des zweiten und der folgenden Jahrzehnte mehr Ertrag geben müssen, als die des ersten Jahrzehntes, denn sie werden 10 Jahre älter. Den späteren Jahrzehnten kommen dagegen bereits Durchforstungserträge auf den zuerst umgewandelten Flächen zu gute.

Der Hiebssatz an Abtriebsnutzungen würde sich für das erste Jahrzehnt berechnen durch Abschätzung der ersten 200 ha kahl abzutreibende Umwandlungsschläge und des Ertrages der 800 ha betragenden Mittelwaldwirtschaft. Wäre der Unterholzumtrieb 20, so entfielen also jährlich noch 40 ha Mittelwaldschläge. In Berücksichtigung der Zukunft wäre es überdies anzuraten, auf diesen Schlägen verhältnismässig wenig Oberholz zu entnehmen.

IV. Der Wirtschaftsplan.

§ 92. Unter „Wirtschaftsplan" verstehen wir das Aktenstück, in welchem die Hauptresultate der Vorarbeiten, soweit diese nicht zur Herstellung der Karten dienen, die Ertragsbestimmung und Betriebsanordnungen für den nächsten Wirtschaftszeitraum, in der Regel für das nächste Jahrzehnt, übersichtlich geordnet zusammengestellt werden.

Form und Art der betreffenden Schriftstücke können sehr verschieden gewählt werden. Beispielsweise heben wir Folgendes hervor.

1. Die allgemeine Beschreibung.

§ 93. Den ersten Teil des Wirtschaftsplanes bildet die sogenannte allgemeine Beschreibung. Diese schildert den gesamten forstlichen Tatbestand, entwickelt die Grundsätze der Waldeinteilung, namentlich die Bildung der Betriebsklassen und Hiebszüge, begründet die Wahl des Umtriebes, sowie die Ermittelung des Hiebssatzes, gibt leitende Gesichtspunkte für den ganzen künftigen Wirtschaftsbetrieb.

Als Beilagen werden zugefügt: 1) Ein Flächen- und Bestandsregister, welches einen kurzen, in ähnlicher Form abgefassten Auszug aus dem Taxationsmanual enthält, wie wir ihn in § 84 für das Beispiel der Ertragsbestimmung gegeben haben. 2) Die Standorts-Klassentabelle (§ 64). 3) Die Klassenübersicht (§ 65). 4) Die für die Bonitierung angewendeten Ertragstafeln. 5) Die Abnutzungstabelle (§ 66). 6) Eine ausführliche Begründung des Hiebssatzes. 7) Eine Zusammenstellung allgemeiner Wirtschaftsregeln.

2. Der Hauungsplan.

§ 94. Der spezielle Hauungsplan hat in tabellarisch übersichtlicher Form die Flächen und Massen der für den nächsten Wirtschaftszeitraum, in der Regel für das

nächste Jahrzehnt, zum Hiebe gesetzten Bestände, ferner die Orte anzugeben, aus welchen Zwischennutzungen zu erwarten sind, endlich eine Gesamtübersicht über den Hiebssatz zu enthalten. Nachstehender, zu dem kleinen, in den §§ 84—87 enthaltenen Beispiele der Ertragsbestimmung gehörige Hauungsplan soll durchaus nicht als allgemein giltiges Rezept dienen, denn kompliziertere Verhältnisse können andere Anforderungen stellen, er erläutert jedoch die Hauptsachen besser als eine ausführliche Beschreibung.

Folgende Tabelle bildet im Wirtschaftsplane die linke Seite des Hauungsplanes für die Abtriebsnutzungen, während die gegenüberstehende rechte Seite für den nächsten Wirtschaftszeitraum so viel Flächenrubriken zum Eintrag der jährlichen Abtriebe enthält, als dieser Zeitraum Jahre umfasst.

(Tabelle s. S. 396.)

Für den Fall, dass alle im Plane zum Hieb angesetzten Bestände im nächsten Jahrzehnt wirklich ohne Reste zum Abtriebe gelangen, werden für das erste Jahr des nächstfolgenden, 10jährigen Wirtschaftszeitraumes folgende Bestände zur Disposition gestellt: 1c, 3a, 5c, 6c, 6d, 8b, 10d. In diesen Hiebsorten kann vor Fertigstellung des neuen Planes im ersten Jahre der Hiebssatz in der jetzt angenommenen Grösse geschlagen werden. Die Wahl der Orte selbst bleibt dem Wirtschafter überlassen.

Durch eine solche oder ähnliche Bestimmung ist am Schlusse des Hauungsplanes jeder Zweifel darüber zu beseitigen, was im ersten Jahre des neuen Wirtschaftszeitraumes bezüglich der Abtriebsnutzungen zu geschehen habe. —

Für alle Voranschläge, und ein solcher ist jeder Hiebssatz, rundet man gern die gewonnenen Zahlen ab. Man würde hiernach, ohne der Schätzung einen Zwang anzutun, den Hiebssatz der Abtriebsnutzungen auf 7800 fm, und zwar 7100 fm Nadelholz und 700 fm Laubholz, stellen. —

Im umstehenden kleinen Beispiele konnten und mussten die einzelnen Hiebsorte nach Fläche und Masse getrennt gehalten werden. Wo dagegen Schläge gleichzeitig über mehrere Unterabteilungen, Bestände, hinweggeführt werden, ist es gestattet, eine solche Trennung im Hauungsplan und in dem Erntebuche nur für die Flächen, aber nicht auch für die Massen eintreten zu lassen. Nicht selten unterscheiden sich nämlich aneinander grenzende, ältere Bestände zwar durch Alter, Bonität und Mischungsverhältnis ganz wesentlich, gehen aber so allmählich ineinander über, dass ihre Abgrenzung sehr unsicher ist. In solchen Fällen ist die bestandsweise Trennung der wirklich erfolgten Erträge bei der Numerierung und Buchung der Hölzer nicht bloss für den Verwaltungsbeamten sehr zeitraubend, sondern oft auch illusorisch. Die Hiebsflächen müssen jedoch immer getrennt gebucht werden, was mit Hilfe der Spezialkarte leicht geschehen kann. Wo freilich zum Zweck einer sehr feinen Buchführung die einzelnen Bestände im Walde bleibend und kenntlich bei der Aufnahme derselben abgegrenzt wurden, ist ein derartiges Zusammenfassen der Erträge nicht statthaft.

Im Plenterwalde gibt es einen Jahresschlag im Sinne des schlagweisen Betriebes nicht, da der Flächen-Hiebssatz nicht gleich ist dem Quotienten aus dem Umtrieb in die Gesamtfläche, sondern gleich dem aus der Umlaufszeit in letztere. Deshalb ist nicht eine nach der Masse reduzierte Fläche, sondern die absolute im Hauungsplane zu verzeichnen. In der Ertragsspalte ist die zu entnehmende Masse anzugeben und kann in den „Bemerkungen“ zugefügt werden, in welchem Verhältnis ungefähr die zu entnehmende zu der vorhandenen Masse steht.

Besteht das Revier aus mehreren Betriebsklassen, so kann der Hauungsplan entweder für jede einzelne derselben besonders aufgestellt und abgeschlossen, oder es können auch die einzelnen Hiebsorte einfach der Nummerfolge nach aufgeführt werden. Ersten Falles ist eine Summe der Hiebsflächen und Massen der einzelnen Betriebs-

klassen als gesamter Hiebssatz zu geben. Letzten Falles muss am Schlusse angegeben werden, wie viel Fläche auf jede Betriebsklasse entfällt.

I. Abtriebsnutzungen.

Forstort	Bestandsart, Alters- und Bonitätsklasse	ganz oder davon	Fläche		Masse in fm				Bemerkungen
							Nadelholz		
							1 ha	überhaupt	
1c	Fi. V. 2.	dav.					450	1440	Die Schläge sind parallel der Schneise 1 zu führen.
2c	Fi. III. 2.	„	-				200	112	20 m breiter Loshieb längs 2 b. Jedenfalls im ersten Jahrfünft.
3a	Fi. IV. 3.	„	1	10	5	5	515	567	Sofort auszuführender Loshieb, 10 m breit längs 3b und 20 m breit längs 3c. Die auf der Loshiebsfläche längs b stehenden Buchen, ebenso einige der jüngeren Tannen sind zunächst überzuhalten.
5a	Fi. II. 3.	„	—	24	—	—	120	29	Ein sofort an der Schneise 4 auszuführender, 10 m breiter Loshieb. Eine Verbreiterung desselben um weitere 10 m, so wie seine Fortsetzung mit 10 m Breite durch 5b sind für das zweite Jahrzehnt in Aussicht genommen.
5c	Fi. V. 2.	„	*2*	*16*	85	183	415	897	Auf den Vollbestand reduzierte Fläche, da aus dem ganzen, 4,32 ha grossen Bestand im ersten Jahrzehnt zum Zwecke der Vorverjüngung allmählich nur die Hälfte der Masse entnommen werden soll. Der bereits vorhandene natürliche Unterwuchs ist zu benutzen.
6c	Fi. IV. 1.	„	1	76	—	—	180	317	Der östliche Teil bis an die Grenze von 6d. Der Rest wird im zweiten Jahrzehnt mit dem Rest von 6d abgetrieben.
6d	Fi. V. 3.	„	2	—	120	240	530	1060	Die Schläge sind von 6 b her so zu legen, dass sie allmählich parallel der Schneise 1 werden.
8b	Fi. IV. 4.	„	2	20	5	11	745	1639	Zunächst ist ein 20 m breiter Loshieb an der Grenze von a zu führen. Später sollen die Schläge mit Ausgleichung der Ecken allmählich parallel der Schneise 3 verlaufen.
10d	Fi. V. 3.	„	*1*	*88*	140	263	560	1053	Reduzierte Fläche des 3,76 ha grossen Vollbestandes. Vorverjüngung wie 5c.
			15	10	—	702	—	7114	= 7816 fm in Summe.

als:

11,06 Kahlschläge.
4,04 Vorverjüngungsschläge. Reduzierte Fläche der 8,08 ha grossen Vollbestände.

Von den zum Abtriebe bestimmten 15,10 ha gehören an:

0,24 ha den 31—40j. Beständen der	II.	Alterklasse,	1,76 ha der	1.	Bonität
0,56 „ „ 41—50j. „ „	III.	„	5,92 „ „	2.	„
1,76 „ „ 61—70j. „ „	IV.	„	5,22 „ „	3.	„
3,30 „ „ 71—80j. „ „	IV.	„	2,20 „ „	4.	„ .
5,20 „ „ 81—90j. „ „	V.	„			
4,04 „ „ 91—100j. „ „	V.	„ .			

§ 95. Die Zwischennutzungen wurden für unser Beispiel summarisch veranschlagt mit 1200 fm, und zwar 1100 fm Nadelholz, 100 fm Laubholz. Sie werden gewonnen 1) durch die Durchforstungen, 2) durch Räumung übergehaltener Waldrechter, Läuterungshiebe in Beständen jüngster Altersklasse, 3) durch zufällige Erträge, als Aufbereitung von Dürrhölzern, Windbrüchen etc.

Für die unter 3 genannten Nutzungen ist ein spezieller Ansatz nicht möglich, dagegen können für die Durchforstungen die Ortsbezeichnungen mit Fläche, für die unter 2 genannten Räumungen etc. wenigstens die Ortsbezeichnungen Platz finden, wie es beispielsweise folgende Tabellen zeigen:

(Siehe Tabellen S. 398 und 399.)

Zusammenstellung des Hiebsatzes.

Für das Jahrzehnt 19 . . wurde der jährliche Hiebssatz festgestellt auf

900 fm,
als
820 fm Nadelholz,
80 fm Laubholz.
S. w. o.

Deren Verschlag wird zu geschehen haben mit

750 fm Derbholz, darunter 550 fm Nutzholz,
und zwar
700 fm Nadelholz, darunter 535 fm Nutzholz,
50 fm Laubholz, darunter 15 fm Nutzholz.
S. w. o.

150 fm Reisig,
und zwar
120 fm Nadelholz,
30 fm Laubholz.
S. w. o.

Ausserdem ist jährlich auf einen Stockholz-Ausfall von 100 Raummeter Nadelholz zu rechnen.

8. Der Kulturplan.

§ 96. Die letzte Haupttabelle des Wirtschaftsplanes bildet ein spezieller Kulturplan für den nächsten Wirtschaftszeitraum. Derselbe zerfällt in zwei Abteilungen, deren erste alle auszuführenden Kulturen, deren zweite die Massregeln der Kultur- und Bestandspflege enthält. Wie beim Hauungsplane sind für die auszuführenden Kulturen links die planmässigen Ansätze einzutragen, die rechte Seite ist mit einzelnen Jahresspalten zu versehen, um die Ausführung eintragen zu können. Finden keine Zwischenrevisionen statt, so müssen so viel Jahresrubriken vorhanden sein, als der nächste Wirtschaftszeitraum Jahre umfasst. Werden dagegen regelmässig Zwischenrevisionen abgehalten, so wird bei denselben stets ein neuer Kulturplan aufgestellt. In diesem Falle sind nur so viel Jahresspalten zum Eintrag der Ausführung nötig, als die Hälfte des ganzen Wirtschaftszeitraumes Jahre enthält.

(S. Schema S. 399.)

II. Zwischennutzungen.

1. Durchforstungen.

Plan.					Ausführung.			
Forstort		ganz oder davon	Fläche		Derbholz		Reisig	
Bezeichnung	Bestandsart, Alters- und Bonitätsklasse		ha	a	Nutzholz	Brennholz	Nutzreisig	Brennreisig
					fm			
2b	Fi. II. 3.	gz.	8	32				
c	Fi. III. 2.	dv.	3	44				
3a	Fi. IV. 3.	„	10	74				
b	Fi. III. 2	gz.	5	12				
c	Fi. II. 3	„	3	04				
4a	Fi. IV. 1.	dv.	3	—				
b	Fi. II. 3.	gz.	6	08				
5a	Fi. II. 3.	dv.	2	96				
6a	Fi. II. 3.	gz.	2	56				
c	Fi. IV. 1.	dv.	—	96				
7b	Fi. II. 3.	gz.	9	76				
c	Fi. IV. 1.	„	4	96				
8a	Fi. II. 4.	„	6	40				
b	Fi. IV. 4.	dv.	10	28				
9a	Fi. IV. 3.	gz.	4	16				
b	Fi. III 4.	„	7	84				
c	Fi. II. 4.	„	5	36				
10a	Fi. II. 4.	„	3	68				
			96	66				

Von vorstehender Durchforstungsfläche gehören an:

30,08 ha den 21—30j. Beständen } der II. Altersklasse
16,08 „ „ 31—40j. „
16,40 „ „ 41—50j. „ } „ III. „
— „ „ 51—60j. „

5,92 ha den 61—70j. Beständen } der IV. Altersklasse
28,18 „ „ 71—80j. „
S. w. o.

8,92 ha der 1. Bonität
8,56 „ „ 2. „
47,62 „ „ 3. „
31,56 „ „ 4. „
S. w. o.

2. Räumung übergehaltener Waldrechter, Läuterungs- oder Reinigungshiebe in Beständen jüngster Altersklasse, Aufastungen.

Bezeichnung	Art der Wirtschaftsmassregel	Ausführung			
		Jahr	Ertrag		Bemerkungen
			Holzart	fm	
1a	Vollständige Räumung der Birken. Räumung bez. Aufastung der übergehaltenen Buchen und Tannen.				
4c	Räumung der Birken.				
5b	Räumung der Birken und der übergehaltenen Buchen.				
6ab	Teilweise Räumung und Aufastung der übergehaltenen Buchen und Tannen. Nur die besten Exemplare sind weiter überzuhalten.				

III. Gesamtnutzung.

Grösse der zu verjüngenden Fläche		Masse in Festmetern			
ha	a	Laubholz	Nadelholz	Ueberhaupt	
15	10	700	7100	7800	Abtriebsnutzungen.
		100	1100	1200	Zwischennutzungen.
		800	8200	9000	Gesamtnutzung.

Folgendes Schema, welches sich an unser Beispiel anschliesst, gilt für die linke Seite des Kulturplanes.

Bezeichnung	Blössen		Ausbesserungen		Verjüngungen		Bemerkungen
	ha	a	ha	a	ha	a	
1a	—	—	—	50	—	—	Nach erfolgter Räumung der Birken und Räumung bez. Aufastung der übergehaltenen Waldrechter mit starken, verschulten Fichten.
b	4	48	—	—	—	—	Schlag vom Jahre 19
c davon	—	—	—	—	3	20	
2c davon	—	—	—	—	—	56	
3a davon	—	—	—	—	1	10	Es kann, da ein Samenjahr zu erwarten ist, unter Anwendung von Bodenlockerung der Versuch gemacht werden, diesen Loshieb durch natürliche Randbesamung zu bestocken. Sollte dieser Versuch jedoch in 2 bis 3 Jahren nicht gelungen sein, dann ist die Fläche mit Fichten zu bepflanzen.
5a davon	—	—	—	—	—	24	
5b	—	—	—	80	—	—	Nach Ausführung der vorgeschriebenen Räumungen möglichst bald.
6b	—	—	—	40	—	—	desgl.
6cd davon	—	—	—	—	3	76	
8b davon	—	—	—	—	2	20	Bezüglich des zuerst längs a auszuführenden Loshiebes wie bei 3a.
10b	—	—	—	50	—	—	Hauptsächlich im südlichen Teile an der Grenze.
c	2	24	—	—	—	—	Es kann hier auf eine Einmischung von Buchen und Tannen, im nördlichen Teile auch von Eschen, Bedacht genommen werden.
	6	72	2	20	11	06	

19,98 ha.

Die Summe der Verjüngung ist um 4,04 ha kleiner, als die im Hauungsplan enthaltene Hiebsfläche, weil die zur Vorverjüngung bestimmten Teile der beiden Bestände 5c und 10d in den Kulturplan nicht aufgenommen wurden.

Der jährliche Kultursatz (Kulturetat) berechnet sich abgerundet zu 1,9 ha, da alle Blössen und Ausbesserungen, von den Verjüngungen aber nur 0,9, im nächsten Wirtschaftszeitraum, Jahrzehnt, zum Anbau gelangen.

In der zweiten Abteilung des Kulturplanes sind die Massregeln der Kultur- und Bestandspflege in entsprechender Form mit Bezeichnung des Forstortes so einzutragen, dass ebenfalls dem planmässigen Ansatze gegenüber die Ausführung übersichtlich bemerkt werden kann.

Es gehören hierher alle jene Massregeln, welche von der Zeit der Begründung der Bestände an während der ganzen Umtriebszeit behufs Erziehung eines besseren Holzbestandes, sowie zum Zwecke der Erhaltung und Verbesserung der Bodenkraft ausgeführt werden, sofern nicht — wie gewöhnlich bei den Durchforstungen — der Kostenaufwand durch Verwertung des dabei gewonnenen Materiales gedeckt wird. Ist bei den Durchforstungen und Läuterungen der Ertrag kleiner als der Aufwand, so kommen diese Massregeln der Bestandspflege hier ebenfalls in Betracht.

Vornehmlich sind hier zu beachten: Bewässerungsanlagen. — Vorrichtungen zur Verhinderung von Bodenabschwemmungen. — Anlage von Schutzmänteln. — Unterbau, Bodenverwundung zur Begünstigung natürlichen Anfluges. — Ueberpflanzungen. — Vertilgung von Forstunkräutern. — Entnahme schädlicher Stockausschläge. — Aufastungen. — Köpfen von Fichten zu Gunsten der Eichen etc.

V. Erhaltung und Fortbildung des Einrichtungswerkes.

§ 97. Die nur einmalige Ausführung der Forsteinrichtungsarbeiten, die nur einmalige Aufstellung eines Wirtschaftsplanes, die nur einmalige Berechnung eines Hiebssatzes könnten nur wenig nützen. Nur durch die Waldeinteilung würde solchen Falles der Wirtschaft einiger Nutzen erwachsen. Am Ende jedes Wirtschaftsplanes sollten deshalb die Worte geschrieben werden: „Fortsetzung folgt“. Diese Fortsetzung besteht in der regelmässig jährlichen Ausführung der Nachtragsarbeiten und in den regelmässig abzuhaltenden Revisionen. Wird diese Fortsetzung unterlassen, so gerät das ganze Einrichtungswerk in kurzer Zeit vollständig in Unordnung, es wird wertlos.

1. Die Nachtragsarbeiten.

Diese zerfallen in die Vermessungsnachträge und in die Führung eines Ernte- oder Wirtschaftsbuches.

§ 98. Die Vermessungsnachträge haben es zu tun mit den Veränderungen des anfänglich vorhandenen forstlichen Tatbestandes und mit der Berichtigung oder Beseitigung der im Laufe der Zeit entstehenden Mängel.

Der anfänglich vorhandene forstliche Tatbestand ändert sich nicht bloss durch An- oder Verkäufe, sondern auch durch Uebertritt von Holzbodenflächen zum Nichtholzboden (z. B. bei Wegebau) und umgekehrt. Ferner treten Aenderungen ein durch die regelmässige Schlagführung. — Berichtigungen können nötig werden infolge von Erledigung schwebender Grenzstreitigkeiten. Mängel treten ein durch Elementarereignisse, z. B. durch Hochwässer, welche Grenz- oder Sicherheitssteine wegreissen, ähnliche Störungen kann der Holztransport verursachen.

Aufgabe der Vermessungsnachträge ist es, alle diese Aenderungen und Berichtigungen in der Art zu behandeln, dass am Schlusse jedes einzelnen Jahres die Spezialkarten und Schriften den gerade vorhandenen Befund nachweisen. Nur jene Aende-

rungen, welche durch das regelmässige Aelterwerden der Bestände oder durch Unglücksfälle entstehen, die nur die Bestandsbonitäten herabdrücken (Schneebrüche etc.), berühren die laufenden Nachtragsarbeiten nicht, diese Aenderungen finden erst bei den Revisionen Erledigung.

Besonders heben wir noch die Notwendigkeit hervor, jedes Jahr die laufenden Schläge zu buchen und auf den Spezialkarten einzuzeichnen.

Um die Vermessungsnachträge in Ordnung zu erhalten, hat der Revierverwalter ein „Notizenbuch" zu führen, in welchem alle Aufgaben, welche allmählich entstehen, sofort einzutragen sind. Der mit der Ausführung der Nachtragsarbeiten betraute Beamte — unter Umständen der Revierverwalter selbst — hat ein „Nachtragsbuch" zu führen, in welchem die Resultate der Erledigung der Nachtragsarbeiten niederzulegen sind. Dieses Nachtragsbuch muss nicht bloss alle Veränderungen der Flächengrösse des Revieres mit allen zugehörigen, geometrischen Unterlagen (z. B. Grenzveränderungen etc.) genau nachweisen, sondern auch alle sonstigen Veränderungen zwischen Holz- und Nichtholzboden, alle geführten Schläge unter Angabe der Grösse jedes einzelnen Schlages. Schliesslich soll angegeben sein, wie gross der Holz- und wie gross der Nichtholzboden am Schlusse des betreffenden Jahres ist.

§ 99. Die Führung des Ernte- oder Wirtschaftsbuches hat die Aufgabe, eine Uebersicht der dem Walde überhaupt und den einzelnen Beständen im speziellen entnommenen Nutzungen zu gewähren, ferner soll es einen Vergleich des Hiebssatzes mit der Gesamtnutzung und Vergleiche der einzeln geschätzten Materialerträge mit den wirklichen Erträgen geben.

Das Erntebuch zerfällt zweckmässig in 6 Teile oder Tabellen A bis F.

Die Tabelle A enthält die Angabe der einzelnen Nutzungen nach Material und Geld. Sie ist nach Abschluss der von der Verwaltung zu führenden forstlichen Rechnungen am Schlusse jedes Jahres auf Grund einer sogenannten Holzschlagstabelle (s. Neumeister, „Forsteinrichtung der Zukunft" 1900. S. 114 und 115) zusammenzustellen. Jeder Abteilung des Revieres sind zwei Seiten zu widmen. Die jedem einzelnen Bestand entnommene Holzmasse ist mit ihrem Geldertrage so zu buchen, wie Schema auf Seite 402 und 403 zeigt.

Diese Tabelle A, die auch in der oben für die Holzschlagstabelle empfohlenen Form besser getrennte Seiten für die Abtriebs- und Zwischennutzung enthalten kann, bildet die Grundlage zur Berechnung und Aufstellung aller folgenden Tabellen, mit Ausnahme der Tabelle E. Wir begnügen uns daher hier bezüglich der übrigen Tabellen mit der Angabe ihres Inhaltes, ohne Rechnungsbeispiele zuzufügen[35]).

Die Tabelle B dient zur Vergleichung des Materialertrages einzelner, durchgeschlagener Hiebsorte mit der Schätzung. Ein Ort ist „durchgeschlagen", wenn dessen Abtrieb vollendet ist, wenn er also entweder ganz abgetrieben wurde, oder wenn auf der Fläche nur einzelne Horste oder Bäume in der Absicht übergehalten wurden, sie fortwachsen zu lassen. Bei den Revisionen wird diese Tabelle, um möglichst viele brauchbare Vergleichsresultate zu gewinnen, noch dadurch ergänzt, dass man auch solche Orte zum Vergleiche zieht, von denen nur noch ein ganz kleiner Hiebsrest stehen geblieben ist.

Die Tabelle C zerfällt in drei Unterabteilungen, die der Abtriebsnutzung, die der Zwischennutzung und die der Gesamtnutzung.

Die erste Unterabteilung hat für jedes Jahr nachzuweisen die Fläche der geführten Schläge, den Massenertrag getrennt nach Derbholz und Reisig, sowie nach

35) Beispiele vollständig ausgeführter Tabellen des Erntebuches zu vergl. in Neumeister, „Forsteinrichtung der Zukunft" 1900. S. 116—122.

A.

Forstjahr	Forstort	Grösse der Schlag- und durchforsteten Fläche	Grund oder Art der Benutzung	Laub- (L.) oder Nadel- (N.) holz	Derbholz				
					Nutzholz		Brennholz		Summe
					über-haupt	davon Rinde	über-haupt	davon Rinde	
		ha			Fest-				
1888	a }	—	Bu.- und Ta.- räumung	L.	*3,00*	—	*9,50*	—	*12,50*
	b }			N.	10,50	—	25,00	2,00	35,50
1889	c	0,96	Durchforstung	N.	6,00	—	4,00	—	10,00
	d	1,00	Kahlschlag	L.	*30,00*	—	*68,50*	—	*98,50*
				N.	362,50	10,00	95,50	—	458,00

Nutz- und Brennholz, das Stockholz, den Geldertrag der geschlagenen Holzmasse einschliesslich des Stockholzes, und zwar den Bruttoertrag und den von den Erntekosten befreiten Ertrag, endlich für 1 ha der Schlagfläche den durchschnittlichen Massenertrag ohne Stockholz, sowie den durchschnittlichen rohen und erntekostenfreien Geldertrag unter Einrechnung des Stockholzes.

Die zweite, die Zwischennutzungen betreffende Unterabteilung hat für jedes Jahr nachzuweisen die Holzbodenfläche nach der letzten Aufstellung im Nachtragsbuch (§ 98), die Art der Nutzung (ob Durchforstung, Räumung oder zufällige Nutzung, den Massenertrag, getrennt nach Derbholz und Reisig, Nutz- und Brennholz, Stockholz, den gesamten Erlös einschliesslich des Stockholzes brutto und erntekostenfrei, für 1 ha der Holzbodenfläche den durchschnittlichen Massenertrag ohne Stockholz, sowie den durchschnittlichen Erlös einschliesslich des Stockholzes brutto und erntekostenfrei.

Die dritte Unterabteilung enthält die Gesamtnutzung jedes Jahres, sie ist die Summe der beiden ersten Unterabteilungen, in ihren letzten Spalten gibt sie für 1 ha der Holzbodenfläche den durchschnittlichen Massenertrag, einschliesslich des auf fm reduzierten Stockholzes und den durchschnittlichen Gesamterlös brutto und erntekostenfrei an.

Die **Tabelle D** dient zur Vergleichung der erfolgten Nutzung mit dem Hiebssatze. Sie gibt für jedes Jahr die Schlagflächen und Durchforstungsflächen an, die Gesamtnutzung getrennt nach Derbholz und Reisig, Nutz- und Brennholz, sowie das Stockholz. Die gewonnene Holzmasse wird am Schlusse jedes Jahres mit dem Hiebssatze verglichen, dem Mehr oder Weniger werden die Resultate der vorhergehenden Jahre zugerechnet, so dass man also für jeden Jahresschluss nachgewiesen findet, wie viel bis dahin während der verflossenen Jahre des laufenden Wirtschaftszeitraumes überhaupt mehr oder weniger geschlagen worden ist, als der Hiebssatz besagt.

Die **Tabelle E** ist den Nebennutzungen (Gras, Steine, Leseholz, Jagdpacht etc.) gewidmet, welche vom Holzboden und von den zur Forstwirtschaft gehörigen Nichtholzbodenflächen (Wirtschaftsstreifen, Holzlagerplätze etc.) entfallen. Diese Erträge sind jährlich brutto und erntekostenfrei nachzuweisen, und zwar, soweit dies tunlich, für die einzelnen Orte, welche sie gewährt haben. Diese Tabelle wird bei manchen Forstverwaltungen nicht besonders im Wirtschaftsbuch aufgenommen, z. B. im Königreich Sachsen.

Die **Tabelle F** (bei Wegfall der vorgenannten Nebennutzungstabelle tritt hier für F der Buchstabe E ein), die sogenannte **Reinertragstabelle**, soll jährlich

Abteilung Nr. 6.

Reisig			Gesamter Kubikinhalt		Stockholz	Gelderlös		Bemerkungen
Nutz-reisig	Brenn-reisig	Summe	Ab-triebs- nutzung	Zwi-schen- nutzung		brutto	Nach Abzug der Schläger-Roller- und Rückerlöhne	
meter					rm	M		
—	*3,00*	*3,00*	—	*15,50*	—	100,75	75,25	
—	7,20	7,20	—	42,70	—	308,80	253,80	
—	2,50	2,50	—	12,50	—	85,50	65,50	
—	*28,50*	*28,50*	*127,00*	—	—	1515,30	1225,30	
—	75,25	75,25	533,25	—	—	6220,75	5509,50	Die Rinde wurde von den Empfängern unentgeltlich aufbereitet.

alle den Holzboden und forstlichen Nichtholzboden treffenden Einnahmen und Ausgaben summarisch nachweisen, die Differenz beider, also die reine Waldrente, mit den Waldkapitalen vergleichen, nämlich angeben, zu welchem Prozentsatz sich dieses verzinst. Die Angaben der Tabelle haben sich in jedem Jahre zu erstrecken auf die nach den letzten Ermittelungen festgestellte Fläche des Holz- und forstlichen Nichtholzbodens, auf die verkaufte Holzmasse, getrennt nach Nutzholz, Brennholz, Rinde, Reisig, Stockholz, auf die Einnahmen, getrennt für Holz und für Waldnebennutzungen, auf die Ausgaben für Ernte, Forstverbesserungen, Verwaltung und Schutz, Steuern, Verschiedenes. Aus diesen Angaben berechnet sich der Waldreinertrag überhaupt und für 1 ha. Schliesslich ist das Waldkapital, und zwar Boden- und Holzvorratskapital nachzuweisen, sowie der Zinsfuss, zu welchem sich das Waldkapital nach Ausweis des Waldreinertrages verzinst hat.

Die soeben geschilderte erweiterte Form der Reinertragstabelle, welche Judeich empfiehlt, ist zu ersehen aus dessen „Forsteinrichtung". 5. Aufl. 1893. S. 496. Die von Neumeister angegebene Form dieser Tabelle schliesst sich an die im Königreich Sachsen jetzt geltende einfachere an, welche seit 40 Jahren im Gebrauch ist.

Alle im Vorstehenden genannten Grössen sind leicht aus den übrigen Tabellen des Erntebuches und den forstlichen Rechnungen der Verwaltung zu entnehmen, mit Ausnahme des Waldkapitales, welches überhaupt nur annähernd, niemals mathematisch genau ermittelt werden kann[36]). Diese Ermittelung muss von anderen Grundsätzen ausgehen, als die Waldwertrechnung. Hätte man einen Wald gekauft, so wäre der bezahlte Preis gleich der Grösse des für die Buchführung einzustellenden Waldkapitales. Ein solcher Fall ist jedoch verhältnismässig selten; meist handelt es sich um Waldungen, deren ehemaliger Kaufpreis entweder gar nicht bestimmt werden oder durchaus nicht mehr massgebend sein kann. Da nun als Anlagekapital grundsätzlich nur der Kostenwert zu gelten hat, so sind für Boden- und Holzwert Näherungsgrössen mit Hilfe des Kostenwertes zu suchen. Erwartungswerte können wir nur als Hilfsgrössen zur Bestimmung des Bodenwertes mit benutzen, müssen für diesen aber auch ortsübliche Kaufpreise berücksichtigen. Der auf solchem Wege schätzungsweise gefundene Bodenwert ist so lange als eine konstante Grösse zu betrachten, als nicht durch An- oder Verkäufe Aenderungen erfolgen. Mit Hilfe dieses Bodenwertes lassen sich nun auch die

36) Zu vergl. Judeich, „Das Waldkapital". Thar. f. J. 29. Band und dessen „Forsteinrichtung". 5. Aufl. 1893. S. 499 flg.

Kostenwerte der einzelnen Bestände und aus diesen der Kostenwert des ganzen Vorratskapitales näherungsweise berechnen. Wollte man letzteres mit Hilfe der Erwartungswerte ermitteln, so bewegt man sich mehr oder weniger im Kreise.

Die jährlich eintretenden Veränderungen des Waldkapitales lassen sich höchstens bezüglich erfolgter An- und Verkäufe berücksichtigen, bezüglich der Abtriebe, Neuanbaue und des Zuwachses der Bestände nicht. Wohl aber muss dieses Kapital bei jeder Hauptrevision neu ermittelt werden. Der einmal angenommene Bodenwert für die Flächeneinheit ist beizubehalten; Ankäufe sind mit dem bezahlten Preise zuzurechnen, Verkäufe mit jenem Betrage abzuschreiben, mit welchem sie ursprünglich gebucht waren, wenn auch der Verkaufspreis höher oder niedriger lautet. Das Holzvorratskapital wird mit Hilfe der Kostenwerte sämtlicher Bestände neu berechnet. Hierbei bleibt der Bodenwert derselbe, welcher früher angenommen worden war. Da die augenblicklich vorhandenen Althölzer, welche eine sichere Berechnung am wenigsten gestatten, allmählich abgetrieben werden, da an deren Stelle nach und nach junge Bestände treten, deren Kostenwerte auf Grund einer guten Buchführung so genau berechnet werden können, als nötig ist, wird die Grösse des Vorratskapitales von Revision zu Revision immer richtiger.

Trotz aller Unsicherheiten der Unterlagen ist es immer wertvoll, von einer Betriebsklasse, einem Reviere zu wissen, welche Verzinsung des Waldkapitales unter Annahme eines gewissen Bodenwertes, unter Annahme eines gewissen Wirtschaftszinsfusses, die Waldrente gewährt. Namentlich ist das Resultat wertvoll für den Vergleich verschiedener Jahresergebnisse desselben Revieres, sowie für den Vergleich verschiedener Reviere eines und desselben grossen Waldgebietes, wenn die Rechnung für alle nach gleichen Grundsätzen geführt wird.

2. Die Revisionen.

§ 100. Schon vorher (§ 97) wurde betont, dass eine Forsteinrichtung ohne regelmässig wiederkehrende Revisionen etwas gänzlich Unzureichendes sei. Die im Verlaufe der Zeit eintretenden Aenderungen der gesamten forstlichen Verhältnisse lassen sich nur zum geringsten Teil voraussehen, und deshalb sind alle wirtschaftlichen Vorschriften für eine ferne Zukunft unsicher und mangelhaft.

Das für die Zukunft Bleibende der ersten Einrichtung ist die durch die Waldeinteilung angebahnte Ordnung des Hiebsganges, und selbst diese erleidet nicht allzuselten notwendige Aenderungen. Alles Uebrige muss aber von Zeit zu Zeit, mindestens aller 10 Jahre, erneuert werden. Diese Erneuerung erfolgt durch die Revisionen.

Letztere können unterschieden werden in Hauptrevisionen (10jährige) und Zwischenrevisionen (5jährige).

a. Die zehnjährigen oder Hauptrevisionen.

§ 101. Die Aufgaben derselben sind:

1. Untersuchungen darüber anzustellen, wie die Bestimmungen des abgelaufenen Planes befolgt worden sind, ob und welche Gründe etwaige Abweichungen von diesen Bestimmungen rechtfertigen.

2. Untersuchungen darüber anzustellen, wie sich die Bestimmungen des Planes bewährt haben.

3. Aufstellung eines neuen Wirtschaftsplanes.

Die aktenmässigen Unterlagen zur Lösung dieser Aufgaben sind: Der früher aufgestellte Wirtschaftsplan, die durch die Vermessungsnachträge stets ergänzten Spezialkarten und nachgewiesenen Flächenveränderungen, das Erntebuch und die von der Verwaltung geführten Forstrechnungen über Fällungsbetrieb und Forstverbesserungen

(Kulturen etc.). Eine wenigstens teilweise Prüfung dieser Unterlagen ist ebenfalls Aufgabe der Revision.

§ 102. Die Untersuchungen darüber, wie die Bestimmungen des abgelaufenen Planes befolgt wurden, ob und welche Gründe etwaige Abweichungen rechtfertigen, haben sich in der Hauptsache auf folgendes zu erstrecken:

Erstens ist die erfolgte Nutzung mit dem Hiebssatze für die Einzeljahre des vergangenen Jahrzehntes, sowie für dessen Summe zu vergleichen. Die Gründe sind nachzuweisen, welche eine wesentliche Mehr- oder Mindernutzung rechtfertigen. Inwieweit man sich hierbei auf einzelne Sortimente einzulassen hat, darüber können nach den verschiedenen Lokalverhältnissen die Ansichten sehr geteilt sein. Wir verzichten deshalb hier darauf, ein Formular für die eine solche Vergleichung enthaltende Tabelle zu geben[37]).

Zweitens ist eine übersichtliche Zusammenstellung der planwidrigen Hauungen, der sogenannten Vorhauungen vorzunehmen. In dieser Uebersicht sind die Gründe anzugeben, welche diese Hauungen veranlassten (Wegebau, Windbruch etc.). In der Hauptsache wird es sich nur um Flächenabtriebe handeln, da von zufälligen Einzelerträgen nur jene als Vorhauungen gelten, welche nach § 81 zu den Abtriebsnutzungen gehören.

Drittens ist eine übersichtliche Zusammenstellung aller Zwischennutzungen, namentlich der Durchforstungen zu fertigen. Die mit Hilfe dieser Zusammenstellung gewonnenen Durchschnittszahlen gewähren die sicherste Grundlage zur Veranschlagung der Zwischennutzungen für den kommenden Wirtschaftszeitraum. Haben diese Nutzungen den Voranschlag überschritten oder unerfüllt gelassen, so ist speziell zu erörtern, aus welchen Gründen dies geschehen ist[38]).

Viertens sind dort, wo sie von grösserer Bedeutung sind, auch die Nebennutzungen einer eingehenden Untersuchung zu unterwerfen (Waldfeldbau, Harznutzung u. s. w.).

Fünftens ist die Ausführung und der Stand der Forstverbesserungen (Kulturen, Bestandspflege, Entwässerungen, Wegebau) mit Hilfe der im Wirtschaftsplan eingetragenen Notizen über Ausführung und der von der Verwaltung zu führenden Rechnungen zu prüfen. Ob die planmässig angesetzte Fläche wirklich kultiviert worden ist, ob und aus welchen Gründen Rückstände verblieben, ob die durch Vorhauungsflächen, Ausbesserungen etc. notwendig gewordenen ausserplanmässigen Kulturen ausgeführt worden sind, ob die im Plan angesetzt gewesenen oder sonstige Massregeln der Bestandspflege, ob die vorgeschriebenen oder andere Entwässerungen ausgeführt wurden, ob und welche Wege gebaut und verbessert worden sind, alle diese Fragen sind zu erörtern und ziffermässig zu erledigen.

Ueber die Qualität der hier genannten wirtschaftlichen Arbeiten kann natürlich erst die neue Taxation des Revieres Auskunft geben.

§ 103. Die Untersuchungen darüber, wie sich die Bestimmungen des Planes bewährt haben, erstrecken sich in der Hauptsache auf alle in den vorigen §§ erwähnten Punkte, tragen jedoch nicht den Charakter der Prüfung der Wirtschaft, sondern den der Prüfung des Planes. Besonders gehört hieher noch eine Zusammenstellung des Ertrages einzelner ganz oder doch fast ganz durchgeschlagener Bestände, um einen Vergleich mit deren Schätzung vornehmen zu können. Ferner sind Erwägungen dar-

---

37) Ein Schema zu einer derartigen Vergleichstabelle findet sich in Judeich, „Forsteinrichtung". 5. Aufl. 1893. S. 507.

38) Tabellen über die erfolgten Zwischennutzungen zu vergl. in Judeich, „Forsteinrichtung". 5. Aufl. 1893. S. 509 und 511.

über anzustellen, ob sich die angeordnete Hiebsfolge allseitig bewährt hat oder ob Aenderungen in dieser Richtung nötig werden. In besonderen Fällen können sogar Aenderungen des Einteilungsnetzes geboten erscheinen.

§ 104. Die wichtigste Aufgabe der Hauptrevisionen ist die Aufstellung eines neuen Wirtschaftsplanes. Alle die vorgenannten Arbeiten, sowie die Vermessungsnachträge, die Führung des Erntebuches verfolgen hauptsächlich den Zweck, für die Aufstellung des neuen Planes eine durch unmittelbar gewonnene, lokale Erfahrungen gesicherte Basis zu schaffen, sowie die geometrischen und taxatorischen Vorarbeiten zu erleichtern.

Die bei den Revisionen vorzunehmenden geometrischen Vorarbeiten haben das ganze Vermessungswerk in Karten und Schriften auf den Befund am Schlusse des letzten Jahres des abgelaufenen Wirtschaftszeitraumes zu bringen. Ihr Endresultat finden dieselben daher erstens in den Grössenangaben aller einzelnen Holz- und Nichtholzbodenflächen, wie solche zur Aufstellung eines neuen Flächen- und Bestandsregisters (§ 93) nötig sind, zweitens in der vollständigen Richtigstellung, beziehentlich Erneuerung der Karten. Die dazu nötigen Unterlagen liefern die Nachtragsarbeiten, soweit nicht die taxatorischen Vorarbeiten vorher erledigt sein müssen.

Auf den Spezialkarten empfiehlt es sich, bei den Nachtragsarbeiten alle Aenderungen nur vorläufig mit Bleistift einzuzeichnen, die farbige Einzeichnung geschieht erst bei der Revision.

Durch die erfolgten Abtriebe, mitunter auch durch mancherlei andere Einflüsse, verschwinden ganze Bestände. Aenderungen der Bestandsbezeichnungen sind dann nicht ganz zu vermeiden. Dabei ist aber jedenfalls im Auge zu behalten, dass durch solche Abänderungen nicht die Möglichkeit historischer Nachweise der Zukunft verloren gehe. Der Wegfall früherer Bestandstrennungen, die Bildung neuer Bestände stören allerdings die Buchstabenfolge der Bestandsbezeichnungen innerhalb einzelner Abteilungen; lediglich deshalb aber eine durchgreifende Aenderung dieser Bezeichnungen in einer solchen Abteilung vorzunehmen, halten wir für unzweckmässig.

Auf der Bestandskarte werden Aenderungen überhaupt nicht nachgetragen, sondern diese wird, wie wir schon § 60 bemerkten, bei jeder Revision erneuert.

Die Aufgabe der taxatorischen Vorarbeiten bei den Revisionen ist genau dieselbe wie bei neuen Forsteinrichtungen. Wir können also hier auf das früher darüber Gesagte (§ 44 u. flg.) verweisen. Diesen Arbeiten erwächst aber gegenüber den früheren dadurch ein grosser Vorteil, dass ihnen die letzteren, sowie die aus der Wirtschaft des abgeschlossenen Jahrzehntes zu entnehmenden Unterlagen nicht bloss manche Erleichterung, sondern auch grössere Sicherheit verschaffen. Die Standortsbeschreibung und Bonitierung ist nur zu berichtigen, denn hierbei handelt es sich nicht bloss um veränderliche, sondern auch um unveränderliche Faktoren. Die Bestandsbeschreibung und Bonitierung ist vollständig neu durchzuführen, und es ist dabei an jeden einzelnen Bestand die Frage zu stellen, was mit ihm während des kommenden Jahrzehntes zu geschehen habe. Die bisherigen Kosten und Erträge sind nicht bloss für das Ganze, sondern auch für charakteristische Einzelbestände genau zusammenzustellen. Die allgemeinen, äusseren Forstverhältnisse sind namentlich dann zu erörtern, wenn Veränderungen vorgegangen sind, welche Einfluss auf die Wirtschaft nehmen; Aenderungen des Holzmarktes, Aenderungen der Verwaltungsbehörden u. s. w.

Um die Erfahrungen aus der Vergangenheit möglichst nutzbar zu machen, können verschiedene Zusammenstellungen, namentlich über Abtriebs- und Zwischennutzungen und über die Kulturen, von grossem Nutzen sein, wenn sie in übersichtlicher Form als Hilfsmanuale gefertigt werden.

Wie bei neuen Einrichtungen das Taxationsmanual, so bildet bei den Revisionen das Revisionsmanual die Hauptunterlage für die Aufstellung des neuen Planes, und ist deshalb für dasselbe auch die im § 63 angegebene Form zu empfehlen.

Der neue Wirtschaftsplan unterscheidet sich formell nur wenig von dem bei der ersten Einrichtung aufgestellten Plane. An Stelle der allgemeinen Beschreibung treten als Einleitung sogenannte Vorbemerkungen. Diese verweisen bezüglich des forstlichen Tatbestandes insoweit auf die frühere allgemeine Beschreibung, als nicht Aenderungen erfolgt sind. Jedenfalls haben sie zu enthalten Angaben über Grösse des Holz- und Nichtholzbodens, über Standorts- und Bestandsverhältnisse, über die bisherigen Massen und Gelderträge. Als Beilagen sind angefügt das Flächen- und Bestandsregister (§ 93), die Standorts-Klassentabelle (§ 64), die Bonitierungstafeln (§ 53), die Klassenübersicht (§ 65), die Abnutzungstabelle (§ 66). Diese letztgenannten beiden Tabellen gewinnen mit jeder Revision an Wert, da sie allmählich längere Zeiträume umfassen.

Die Ertragsbestimmung erfolgt so, wie wir sie (§ 78 u. flg.) geschildert haben, unterscheidet sich von der bei neuen Einrichtungen dadurch, dass ihr durch die lokalen Erfahrungen aus der Vergangenheit sichere Unterlagen für Ermittelung der Umtriebszeit und für die künftigen Erträge zu Gebote stehen. In die Vorbemerkungen werden nur die Hauptresultate dieser Rechnung aufgenommen, die ausführliche Begründung derselben ist in eine besondere Beilage (Hiebssatzbegründung) zu verweisen.

Hauungs- und Kulturplan (§§ 94—96) werden genau so aufgestellt wie bei neuen Einrichtungen.

b. Die fünfjährigen oder Zwischenrevisionen.

§ 105. Aufgabe derselben ist die Beantwortung folgender Fragen:

1) Wie haben sich die Bestimmungen des Planes bisher bewährt?

2) Welche Störungen sind durch unvorhergesehene Ereignisse eingetreten?

3) Wie lassen sich die Folgen dieser Störungen oder sonst etwa nötig werdende Veränderungen mit dem gegebenen Wirtschaftsplane vereinigen?

Die Zwischenrevision hat zur Beantwortung dieser Fragen mit Ausnahme der neuen Forstabschätzungs-Arbeiten fast dieselben Vorarbeiten auszuführen wie die Hauptrevision, und stehen ihr fast dieselben aktenmässigen, zu prüfenden Unterlagen zur Lösung dieser Aufgabe zu Gebote.

Ein neuer Wirtschaftsplan wird zwar nicht aufgestellt, indessen muss eine Vergleichung der erfolgten Nutzung mit dem Hiebssatz, eine Zusammenstellung der planwidrigen Hauungen, der Zwischennutzungen, eine Vergleichung der durchgeschlagenen Orte mit der Schätzung, eine Untersuchung der Zweckmässigkeit der Hiebsfolge, eine Beurteilung der Forstverbesserungen auch bei der Zwischenrevision vorgenommen werden. Ebenso sind die im Nachtragsbuche nachgewiesenen Flächenveränderungen aktenkundig sicher zu stellen.

Der spezielle Hauungsplan hat zwar Hiebsorte und Hiebssatz für das ganze Jahrzehnt bestimmt, die Zwischenrevision hat aber zu untersuchen, ob und welche Aenderungen nötig sind. Diese können bedingt sein durch unvorhergesehene Ereignisse (An- oder Verkäufe, Windbruch u. s. w.) oder auch durch notwendige Verbesserungen der Ansätze des ersten Planes.

Für die Vergleichung der erfolgten Nutzung mit dem Hiebssatz ist die Untersuchung des Bonitätsverhältnisses der abgetriebenen Bestände nicht ohne Bedeutung. Steht dieses nicht in Uebereinstimmung mit dem Bonitätsverhältnis der Hiebsorte überhaupt, sind also verhältnismässig mehr gute oder mehr schlechte Bestände abgetrieben

worden, so erklärt sich schon dadurch oft eine Mehr- oder Mindernutzung, welche auch auf das zweite Jahrfünft nicht ohne Einfluss ist.

Zum Zwecke der Ermittelung des neuen Hiebssatzes der Abtriebsnutzungen ist zunächst zu erörtern, ob nicht einzelne Hiebsreste aus dem Hauungsplane gestrichen, dafür andere, z. B. durch Elementarereignisse beschädigte Bestände zum Hiebe gesetzt werden sollen. Derartige Aenderungen können auch durch notwendig gewordene Korrekturen des speziellen Hauungsplanes veranlasst werden. Man wird sie aber nur dann vornehmen, wenn sie wirklich unzweifelhaft geboten erscheinen.

Die Berechnung der Abtriebsnutzungen für das zweite Jahrfünft erfolgt nun so, dass man die Fläche der Hiebsreste zunächst durch Ab- oder Zuschreibung der soeben erwähnten einzelnen Bestände berichtigt, von der so berichtigten Hiebsfläche die Fläche der im vergangenen Jahrfünft stattgefundenen planwidrigen Hauungen (Vorhauungen) in Abzug bringt und dann auf Grund neuer Einschätzung der zu erwartenden Erträge sämtlicher verbleibenden Hiebsflächen den Hiebssatz bestimmt. Ist letzterer so bedeutend höher oder niedriger als der bisherige, dass man für die Wirtschaft Nachteile zu befürchten hat, so können und müssen nach allgemeinen, eingehenden Erwägungen noch Modifikationen eintreten. Ebensolche Erwägungen können auch allein darüber entscheiden, ob man vielleicht wegen eines infolge unglücklicher Ereignisse in ungewöhnlich hohen, die Ertragsfähigkeit des Revieres überhaupt schädigenden Beträgen erfolgten Ausfalles von Zwischennutzungen der in § 81 unter 4 genannten Art eine Verminderung der Abtriebsnutzungen des zweiten Jahrfünftes vornehmen soll oder nicht.

Für die Zwischennutzungen erfolgt der neue Ansatz auf Grund der Durchschnittszahlen, welche das vergangene Jahrfünft geliefert hat. Natürlich können diese Zahlen nur dann ohne weiteres massgebend sein, wenn sich die Verhältnisse des Revieres nicht geändert haben. So kann z. B. ein umfangreicher Schneebruch, welcher im abgelaufenen Jahrfünft die Mittelhölzer traf, eine wesentliche Abminderung der Durchforstungserträge für die nächste Zukunft fordern.

Die Summe aus den so ermittelten Abtriebs- und Zwischennutzungen gibt den gesamten Hiebssatz für das nächste Jahrfünft.

Die den Hiebssatz betreffenden Revisions-Beschlüsse werden dem bestehenden Wirtschaftsplan anhangsweise zugefügt.

Anders als mit dem Hauungsplane verhält es sich mit dem Kulturplane. Dieser wird dort, wo regelmässig Zwischenrevisionen abgehalten werden, vollständig neu aufgestellt. Deshalb empfiehlt es sich auch, dem bei der Hauptrevision aufgestellten Wirtschaftsplane so viel gedruckte Bogen des Kulturplanes beizufügen, als der gelegentlich der Zwischenrevision aufzustellende Kulturplan voraussichtlich erfordert. Alle noch der Ausbesserung fähigen Kulturflächen sind bei dieser Revision zu besichtigen, um die Ansätze für die neuen Ausbesserungen zu gewinnen. Ebenso ist mit den Beständen zu verfahren, welche besondere Massregeln der Bestandspflege nötig machen.

Die Ansichten darüber, ob solche Zwischenrevisionen wirklich notwendig seien oder nicht, sind geteilt, während über die Notwendigkeit der Hauptrevisionen natürlich keine Zweifel bestehen können. Allerdings lässt sich nicht leugnen, dass dort, wo eine geordnete Wirtschaft seit vielen Jahren besteht, diese Zwischenrevisionen wohl erspart werden könnten. Man müsste dann, wenn ein Revier während des Jahrzehntes sehr wesentliche Aenderungen erleidet, sei es durch An- oder Verkäufe, sei es durch Elementarereignisse, ausserordentliche Revisionen eintreten lassen. Anderseits lässt es sich aber nicht verkennen, dass die Zwischenrevisionen zur Aufrechterhaltung des ganzen Forsteinrichtungswerkes mit beitragen. Namentlich gilt dies bezüglich der

Prüfung aller Nachtragsarbeiten, welche nach Ablauf von 10 Jahren nicht so einfach und rasch erfolgen kann, als wenn bereits vor 5 Jahren nachgesehen worden ist. Ferner ist zu bedenken, dass der Aufwand an Zeit und Geld für diese Revisionen ein geringerer ist als der für die Hauptrevisionen, und dass letztere dadurch erleichtert werden. Für Forsteinrichtungszwecke allein halten wir solche Zwischenrevisionen — namentlich bei schon längere Zeit bestehenden Forsteinrichtungen — immerhin für zu teuer und im allgemeinen nicht für unbedingt erforderlich. Bei besonderen Verhältnissen, z. B. nach grösseren Kalamitäten, wesentlichen Ankäufen u. s. w., sind sie ausnahmsweise am Platze, ohne dann natürlich gerade an das Jahrfünft gebunden zu sein; ausserdem haben sie dort eine gewisse Berechtigung, wo sie besonders der Betriebskontrolle mit dienen, wenngleich wir solchen Kontrollen, die unregelmässig und unerwartet kommen, einen höheren Wert beimessen.

c. Personal zur Ausführung der Revisionsarbeiten.

§ 106. Für die Revisionen ist es notwendig, in grösseren Forstwirtschaften der Staaten, auch in solchen grosser Herrschaften u. s. w., eine besondere Behörde oder Beamte zu beschaffen, welche mit Besorgung der Revisionsarbeiten betraut wird. Dadurch einzig und allein wird Ordnung in die Sache gebracht. Es steht dann ein gutgeschultes Personal stets zur Verfügung. Nur die Nachtragsarbeiten können den Verwaltungsbeamten übertragen werden, aber nicht die Revisionsarbeiten selbst. Die Verwaltungsbeamten sollen bei letzteren, namentlich bei Aufstellung der neuen Pläne, zwar in einflussreicher Weise mitwirken, allein können sie dieselben aber nicht ausführen, da sie andere Sachen zu tun haben und häufig auch keine Uebung mehr in der Ausführung der taxatorischen Vorarbeiten besitzen. Auch halten wir es für wesentlich, dass eine der Hauptaufgaben der Revision, die Bonitierung der Bestände und die Beantwortung der Frage, was mit jedem einzelnen Bestand im Laufe des nächsten Wirtschaftszeitraumes zu geschehen habe, nicht lediglich durch den Revierverwalter selbst, sondern auch durch das Personal einer besonderen Behörde erfolgt. Endlich ist auch wichtig, dass letztere nicht in das Detail gehender Instruktionen bedarf, welche den stetigen Fortschritt hemmen, aber unentbehrlich sind, sobald die betreffenden Arbeiten bald von diesem, bald von jenem Beamten ausgeführt werden sollen, denen eine solche Aufgabe vielleicht nur ein- oder zweimal im Leben zufällt[39].

VI. Uebersicht der Hauptmethoden der Forsteinrichtung und Ertragsbestimmung.

§ 107. In den vorhergehenden Abschnitten wurde eine Forsteinrichtungs- und Ertragsbestimmungs-Methode geschildert, welche wir für die richtigste halten, da sie nicht bloss auf richtigen Grundsätzen beruht, sondern auch sich durch stetigen, praktischen Fortschritt der Wirtschaft selbst entwickelt hat. Es soll nun noch ein Ueberblick über die Methoden gegeben werden, welche sich in der Literatur und Praxis überhaupt eine besondere Beachtung erworben haben. Einzelne derselben, die wichtigsten, mögen auch etwas eingehender besprochen werden als die anderen. An der Hand der in den §§ 4—42 entwickelten allgemeinen, theoretischen Grundlagen bietet deren Verständnis keine Schwierigkeiten.

Vielfach hat man versucht, die verschiedenen Methoden in ein bestimmtes System zu bringen[40], allein jedes System lässt zu wünschen übrig, da es so mancherlei Ueber-

---

39) Ausführlich ist diese Frage besprochen in Judeich, „Forsteinrichtung". 5. Aufl. 1893. S. 537 flg. u. Neumeister, „Forsteinrichtung der Zukunft". 1900. S. 93 flg.

40) Kraft, „Zur Systematik der Forstwissenschaft". Krit. Bl. 52. Bd., 2. Heft, S. 141 flg.

gangsformen gibt, da oft verschiedene Methoden gleichzeitig angewendet, daher vermengt worden sind, und da endlich, wie Martin[41]) richtig bemerkt, die verschiedenen Methoden in der Praxis sich gar nicht so scharf getrennt gegenüberstehen, wie unsere Lehrbücher uns glauben machen. Für jedes System muss wohl festgehalten werden, dass man die historisch berechtigten Namen gewisser Methoden nicht ändert, selbst wenn vielleicht andere Bezeichnungen etwas richtiger, klarer wären. Wenn man nun davon absieht, jeder, eine kleine Abweichung zeigenden Methode einen besonderen Namen geben, eine besondere Stellung im System anweisen zu wollen, wenn man sich also darauf beschränkt, nur die Hauptformen zu ordnen, so lässt sich wohl folgende Uebersicht geben.

Ein Hauptziel ist allen Methoden gemeinsam, nämlich das, die Abnutzung so zu regeln, dass die Nachhaltigkeit des Waldertrages gesichert wird. In mehr oder weniger scharf ausgesprochener Weise streben also alle Methoden nach der Herstellung des Normalzustandes. Der Wege, welche zu diesem Ziele führen, gibt es aber sehr verschiedene.

Manche Methoden stützen sich lediglich oder vorwiegend auf den Faktor der Fläche des Waldes, andere auf den der Masse und des Zuwachses, wieder andere suchen ihr Ziel durch gleichzeitige Berücksichtigung der genannten Faktoren zu erreichen.

Hiernach lassen sich die Methoden in folgende drei Hauptgruppen mit ihren Unterarten einteilen:

A. Flächenmethoden.
  a. Schlageinteilung.
  b. Flächenfachwerk.

B. Massenmethoden.
  a. Massenfachwerk.
  b. Normalvorratsmethoden.

C. Kombinierte Methoden.
  a. Kombiniertes Fachwerk.
  b. Verbindung der Fachwerks- mit Normalvorratsmethoden.
  c. Altersklassenmethoden.

Als Ergänzung hierzu kann man nach Judeich noch anfügen:

D. Werteinheits-Methoden.

Wir lassen hier jene Methoden der Ertragsbestimmung, welche sich nur auf den Zuwachs (Zuwachsmethoden) oder auf Durchschnittsgrössen stützen, unberücksichtigt, da sie wertlos sind.

Die Zuwachsmethoden setzen den Hiebssatz gleich
α) dem Haubarkeitsdurchschnittszuwachs [42]), oder
β) dem Durchschnittszuwachs der gegenwärtigen Masse [43]), oder
γ) dem laufend jährlichen Zuwachs [44]).

Die Ertragsbestimmungen nach Durchschnittsgrössen setzen den Hiebssatz gleich
α) den Ergebnissen der bisherigen Abnutzung desselben Waldes oder
β) den Ergebnissen der Abnutzung in ähnlichen, bereits eingerichteten Wäldern.

Denzin, „Zur Kenntnis und Würdigung des Massenfachwerks". A. F. u. J.Z. 1877. S. 41 flg. — „Zur Kenntnis der Fachwerksmethoden". A. F. u. J.Z. 1883. S. 289 flg.

Stötzer, „Einige Bemerkungen über den Begriff der Fachwerksmethoden". F. Zbl. 1884. S. 522 flg.

41) Martin, „Wegnetz, Einteilung und Wirtschaftsplan in Gebirgsforsten". 1882.

42) Maurer, „Betrachtungen über einige sich neuerlich in die Forstwissenschaft eingeschlichene irrige Lehrsätze und Künsteleyen". 1783.

43) Martin, Karl Ludwig, „Der Wälder Zustand und Holzertrag" etc. 1836.

44) Krauss, „Die Ermittelung des nachhaltigen Ertrags der Wälder." 1848.

Alle diese Methoden können nur Hilfsgrössen bieten, wenn es sich darum handelt, in ganz kurzer Zeit ein ungefähres Urteil über den möglichen Ertrag eines Waldes abzugeben, verdienen daher keine nähere Besprechung.

A. Die Flächenmethoden.

Die Flächenmethoden ermitteln den jährlichen oder periodischen Hiebssatz der Abtriebsnutzungen lediglich aus der Abtriebsfläche. Der Massen-Hiebssatz ist also Folge des vorher bestimmten Flächen-Hiebssatzes.

a. Die Schlageinteilung.

§ 108. Diese älteste und einfachste Methode teilt die konkrete oder reduzierte Fläche des Waldes in Jahresschläge und grenzt diese örtlich fest ab. Der Ertrag jedes Jahresschlages ist gleich dem Hiebssatze der Abtriebsnutzung für das betreffende Jahr.

Die Fläche des Jahresschlages (§ 16) ist $\frac{F}{u}$ oder $\frac{F}{u+w}$, je nachdem die Begründung des neuen Bestandes dem Abtriebe des alten sofort folgt oder w Jahre ausgesetzt bleibt. Es ist nicht nötig, dass diese Fläche eine örtlich zusammenhängende sei. In grösseren Betriebsklassen kann sie aus mehreren Einzelschlägen bestehen.

Zu unterscheiden ist die einfache, geometrische Schlageinteilung von der proportionalen Teilung. Erstere berechnet den Jahresschlag, ohne Rücksicht auf etwaige Verschiedenheiten der Bestands- oder Standortsbonitäten, einfach als Quotienten aus dem Umtrieb in die wirkliche Waldfläche, während letztere mit nach der Standortsgüte reduzierten Flächen rechnet (§ 54), um die Schwankungen des Ertrags, namentlich für die späteren Umtriebe, auszugleichen.

Bei strenger Durchführung stellt die Schlageinteilung das normale Altersklassenverhältnis innerhalb einer Umtriebszeit her. Jede Aenderung des Umtriebes würde aber die mit Hilfe einer Schlageinteilung bewirkte Einrichtung eines Waldes zerstören.

Anwendbar erscheint die Methode für Niederwald (§ 88), Mittelwald (§ 89) und mit gewissen Modifikationen auch für den Plenterwald (§ 90). Der schlagweise Hochwaldbetrieb wird die Anforderungen, welche für ihn die Schlageinteilung stellen muss, nämlich das Vorhandensein einer fast regelmässigen Altersklassenverteilung und den ohne alle Störung möglichen Fortgang des Hiebes, um so weniger erfüllen können, je höher der Umtrieb ist.

In unserem kleinen Beispiel einer Fichtenhochwaldwirtschaft (§ 84) wäre die Durchführung einer Schlageinteilung ganz unmöglich oder doch mit ganz ungerechtfertigten Opfern verknüpft.

b. Das Flächenfachwerk.

§ 109. Das Flächenfachwerk verteilt mit Hilfe eines Wirtschaftsplanes die Nutzung eines Waldes für eine ganze Umtriebs- oder Einrichtungszeit derartig, dass die einzelnen Perioden (Fächer) mit annähernd gleichen konkreten oder reduzierten Hiebsflächen ausgestattet werden.

Der jährliche Hiebssatz der Abtriebsnutzung wird durch Division der periodischen Hiebsfläche mit der Anzahl der Periodenjahre gefunden, oder man berechnet ihn, um die grossen Schwankungen desselben in den Einzeljahren zu vermeiden, als Quotienten aus der Anzahl der Periodenjahre in den periodischen Massen-Hiebssatz. Letztgenannter Weg bildet schon den Anfang eines Ueberganges zu dem sogenannten kombinierten Fachwerk (§ 114).

Bei sehr ungünstig gestalteter Verteilung der Altersklassen, so auch dann, wenn man auf die dem Flächenfachwerk allerdings mögliche Einteilung des Waldes in Betriebsklassen mit verschiedenen Umtriebszeiten verzichtet, wird der Rechnung nicht die Grösse des Umtriebes, sondern die eines Einrichtungszeitraumes zu Grunde gelegt. Man versteht unter letzterem einen Zeitraum, binnen welchem man einmal mit dem Hiebe das ganze Revier durchlaufen will, um wenigstens einige Ordnung in die Bestandsverhältnisse zu bringen.

Die auf den Umtrieb oder auf den Einrichtungszeitraum gestützte Periodenteilung bildet die Basis des allgemeinen, für den ganzen Umtrieb oder Einrichtungszeitraum aufzustellenden Hauungsplanes. Der Flächen-, sonach auch der Massen-Hiebssatz sind Folge dieses Planes.

Abgesehen von mancherlei Abweichungen kann man zwei Formen des Flächenfachwerkes unterscheiden.

α. Die Periodenteilung wird auf den Wald selbst übertragen, indem man jede der durch ein Einteilungsnetz gebildeten Abteilungen einer bestimmten Zeitperiode zuweist. Dabei ist besonders auf die Erreichung einer wohlgeordneten Hiebsfolge Rücksicht zu nehmen, die Möglichkeit einer Rechnung mit reduzierten Flächen aber so gut wie ausgeschlossen. In grösseren Revieren kann man jedoch mit grosser Wahrscheinlichkeit erwarten, dass durch den Wechsel besserer und schlechterer Standortsbonitäten eine annähernde Ausgleichung von selbst erfolgt.

Für die erste Zeitperiode werden zunächst die (abtriebsbedürftigsten) Bestände der letzten, IV., V. u. s. w. Periodenflächen zum Hieb gesetzt, um diese während derselben Umtriebs- oder Einrichtungszeit zum Zwecke der Gleichstellung der ganzen Periodenfläche noch einmal abtreiben zu können. Solche Doppelabtriebe dienen auch dazu, die auf den Flächen der I. und oft auch der II. Periode während des Einrichtungszeitraumes nicht haubaren Orte zu ersetzen. Auf den mittleren, gewöhnlich III. Periodenflächen muss man die Bestände fast ganz so nehmen, wie sie gerade sind, Doppelabtriebe sind hier nicht möglich. Deshalb bestimmt man bei der Uebertragung der Perioden auf den Wald, d. h. bei der Verteilung der Abteilungen an die verschiedenen Zeitperioden, zuerst die Flächen der mittleren Perioden. Die einzelnen Abteilungen werden übrigens auf Karten und in den Schriften mit ihren Periodenziffern bezeichnet.

Im Sinne der Hiebsordnung, welche schliesslich aus jeder auf einander folgenden Perioden-Reihe einen Hiebszug gestaltet, verteilt man sämtliche Bestände auf die ganze Umtriebs- oder Einrichtungszeit derartig, dass jede Zeitperiode mit annähernd gleichen Hiebsflächen ausgestattet wird. Den Betrag der Abtriebsnutzungen berechnet man so, dass jeder einzelne Bestand mit jenem Hiebsalter angesetzt wird, welches er in der Mitte seiner Abtriebsperiode erreicht haben würde (§ 32). Die bei solchem Verfahren notwendig entstehende Ungleichheit der periodischen Erträge bleibt ohne Bedeutung.

In der Regel wird nur für die erste Zeitperiode ein spezieller Hauungsplan aufgestellt, für denselben auch der Betrag der Zwischennutzungen besonders veranschlagt.

Zur Erhaltung des Einrichtungswerkes sind periodische Revisionen abzuhalten, um den Plan zu berichtigen, erfolgte Störungen auszugleichen.

Die gelegentlich einer solchen Revision vorzunehmenden Aenderungen des Umtriebes würden zwar den ganzen früher aufgestellten Hauungsplan stören bez. umwerfen, den durch die Waldeinteilung geschaffenen Periodenrahmen jedoch unberührt lassen.

Hätte man für den kleinen Wald (§ 84) einen 90jährigen Einrichtungszeitraum gewählt und jede Abteilung einer bestimmten Periode zugewiesen, so erhielte man fünf

Perioden, deren jede 18 Jahre umfasst. Unter Berücksichtigung der gegenwärtigen Bestandsverhältnisse liesse sich folgende Verteilung vornehmen:

I. Periode	II. Periode	III. Periode	IV. Periode	V. Periode
Abt. 1. 13,60 ha	Abt. 2. 19,52 ha	Abt. 3. 20,00 ha	Abt. 4. 17,28 ha	Abt. 5. 19,20 ha
„ 7. 17,12 „	„ 8. 18,88 „	„ 9. 15,36 „	„ 10. 14,00 „	„ 6. 14,88 „
30,72 ha	38,40 ha	35,36 ha	31,28 ha	34,08 ha.

Eine vollständige Gleichheit der Periodenflächen lässt sich im gegebenen Falle nicht erreichen. Durch eine kleine Verlegung der Schneise 2 liesse sich allerdings die Differenz zwischen der Fläche der I. und II. Periode etwas ausgleichen. Auf grösseren Revieren, wo eine grössere Anzahl von Abteilungen verteilt wird, kann man leichter diesem Ziele nahe kommen.

Unter Beachtung des zu erstrebenden Zieles einer derartigen Hiebsordnung, dass die Abteilungen 1 bis 5 einen Hiebszug und die Abteilungen 6 bis 10 einen solchen bilden, kann man folgende Verteilung der Hiebsflächen vornehmen:

I. Periode				II. Periode		
von 1c	2,00 ha			von 1c	4,40 ha	
„ 2c	0,56 „	Loshieb.		2a	7,20 „	
3a	11,84 „			von 2c	3,44 „	
5c	4,32 „	kommen in der V. Periode nochmals zum Abtrieb.		3b	5,12 „	
6c	2,72 „			7a	2,40 „	
6d	4,16 „			von 7b	1,00 „	die östliche Spitze.
von 8b	2,00 „	Loshieb.		7c	4,96 „	
10d	3,76 „	wie 6cd.		von 8b	3,30 „	
I. Periode 31,36 ha.				II. Periode 31,82 ha.		

III. Periode		IV. Periode		V. Periode		
		4b	6,08 ha	1a	2,72 ha	
4a	5,60 ha	4c	5,60 „	1b	4,48 „	
von 8b	7,18 „	5a	3,20 „	von 5b	4,18 „	
9a	4,16 „	von 5b	7,50 „	5c	4,32 „	Doppelabtrieb.
9b	7,84 „	6a	2,56 „	6b	5,44 „	
9c	3,36 „	10b	4,32 „	6cd	6,88 „	Doppelabtrieb.
10a	3,68 „	10c	2,24 „	10d	3,76 „	desgl.
III. Periode 31,82 ha		IV. Periode 31,50 ha		V. Periode 31,78 ha.		

Die Fläche der Doppelabtriebe 5c, 6cd und 10d beträgt 14,96 ha und ersetzt wenigstens zum Teil die Fläche der wegen zu niedrigen Alters gar nicht zum Hiebe gestellten Orte 2b, 3c, von 7b und 8a, welche 26,52 ha beträgt.

Es liegt auf der Hand, dass vom Beginne des zweiten Umtriebes an, wenn keine Störungen eintreten, in dem Hiebszuge der Abteilungen 7, 8, 9, 10 und 6 ganz normal, in dem Hiebszuge der Abteilungen 1 bis 5 fast ganz normal weiter geschlagen werden kann; in letzterem fehlen nur die beiden Bestände 1 ab.

Wir verzichten darauf, für alle Perioden die Ansätze der Massen zu geben. Für die erste 18jährige Periode würde der Hiebssatz der Abtriebsnutzungen folgender sein [45]:

		gegenwärtiges Alter	durchschnittliches Abtriebsalter	Ertrag in fm 1 ha	Ertrag in fm Summe
von 1c	2,00 ha	90 Jahre	99 Jahre	495	990
„ 2c	0,56 „	50 „	59 „	236	132
3a	11,84 „	75 „	84 „	582	6891
5c	4,32 „	100 „	109 „	545	2354
6c	2,72 „	65 „	74 „	205	558
6d	4,16 „	90 „	99 „	715	2974
von 8b	2,00 „	75 „	84 „	840	1680
10d	3,76 „	100 „	109 „	763	2869
Summe der I. Periode	31,36 ha.	—	—	—	18448 fm.

Den Hiebsorten der II. Periode wäre ein 27jähriger, denen der III. Periode ein 45jähriger Zuwachs zuzurechnen u. s. w.

45) Die Erträge für 1 ha wurden hier kurz so ermittelt, dass nach den eingeschätzten Erträgen (§ 86) der Durchschnittszuwachs berechnet und mit dem Abtriebsalter multipliziert wurde.

Ein solches Flächenfachwerk wird, wie aus vorstehendem ersichtlich, den Normalzustand des Waldes natürlich soweit herstellen, als er überhaupt erreichbar ist, wenn die Wirtschaft keine oder nur wenig Störungen erleidet. In der Regel wird dies aber nur mit grossen, durch sehr abnorme Abtriebsalter bedingten Opfern während der ersten Umtriebs- oder Einrichtungszeit geschehen. In dem von uns gewählten Beispiele treten diese Opfer zufälligerweise nicht sehr hervor, können aber unter Umständen sehr bedeutende sein. Man denke z. B. nur an eine Betriebsklasse, welche nur aus einer oder zwei Altersklassen besteht. Dazu kommt noch, dass überall dort, wo diese Methode angewendet worden ist, viel zu lange Hiebszüge entstanden sind.

β. Eine andere Form des Flächenfachwerkes sieht von einer Waldeinteilung, sonach auch von einem auf den Wald selbst übertragenen Periodenrahmen ganz oder fast ganz ab, indem sie sich nur mit Wegen oder anderen natürlichen Abgrenzungen der Abteilungen begnügt. Die einzelnen Bestände werden zur Ermittelung des periodischen Hiebssatzes ebenso an die mit gleichen Flächen auszustattenden Zeitperioden verteilt. Dabei kann zwar leichter mit nach der Bonität reduzierten Flächen gerechnet, es kann auch ein normales Grössenverhältnis der Altersklassen erreicht werden, jedoch die wichtige normale Verteilung der Altersklassen wird entweder gar nicht oder mehr oder weniger zufällig annähernd hergestellt, da ein solches Ziel dieser Methode gar nicht vorschwebt.

Anmerkung. Den Ausdruck Fächer gebrauchte schon Cotta, indem er bereits 1804 [46]) die Perioden mit „Fächern" vergleicht, in welche bei der Forsteinrichtung die Waldabteilungen gebracht werden müssen. Auf diesen Ausdruck ist die spätere Entstehung der Worte Fachwerk und Fachwerksmethoden zurückzuführen. Es ist aber nicht sicher nachgewiesen, wer diese Worte zuerst gebraucht hat. — Der Ausdruck Fachwerk findet sich wohl zuerst in Laurop's Jahrbüchern [47]) und zwar in einem Aufsatze: „Die Königlich Sächsische Forstverfassung." Daselbst heisst es: „Diese Perioden dienen als Fachwerke, in welche der Holzertrag gewissermassen niedergelegt wird ...." Der Verfasser dieses Aufsatzes ist nicht genannt, wahrscheinlich war es aber Cotta selbst. Als solchen zitiert ihn wenigstens v. Wedekind [48]), indem er unter Bezugnahme auf den erwähnten Aufsatz bemerkt: .... „Dieses von Hartig und Cotta zuerst gründlich dargelegte Verfahren wurde von Cotta selbst, schon längst vor Hundeshagen, Fachwerksmethode genannt."

Cotta kann man allerdings nicht einen Begründer des Flächenfachwerkes nennen. Er war kein Mann des starren Prinzipes, sondern wollte stets die Methoden anwenden, welche für die gegebenen Verhältnisse am besten passten. Immerhin hat er aber in seinen Schriften die leitenden Grundgedanken des Flächenfachwerkes in einflussreicher Weise vertreten, indem er der sehr richtigen Ansicht huldigte, dass die gute Einrichtung eines Waldes wichtiger sei als die Ertragsbestimmung [49]).

B. Die Massenmethoden.

Die Massenmethoden ermitteln den jährlichen oder periodischen Hiebssatz der Abtriebsnutzungen lediglich aus der Masse des Holzvorrates und Zuwachses. Der Flächen-Hiebssatz ist also Folge des vorher bestimmten Massen-Hiebssatzes.

---

46) H. Cotta, „Systematische Anleitung zur Taxation der Waldungen". 1804. S. 8.

47) Laurop, „Jahrbücher der gesamten Forst- und Jagdwissenschaft und ihrer Literatur. 2. Jahrgang. 1824. Heft 3. S. 24.

48) v. Wedekind, „Anleitung zur Betriebsregulierung und Holzertragsschätzung der Forste" 1834. S. 8.

49) H. Cotta, „Anweisung zur Forst-Einrichtung und Abschätzung". 1820. S. IV.

a. Das Massenfachwerk.

§ 110. Das Massenfachwerk verteilt mit Hilfe eines Wirtschaftsplanes die Nutzung eines Waldes für eine ganze Umtriebs- oder Einrichtungszeit derartig, dass die einzelnen Perioden (Fächer) mit annähernd gleichen (unter Umständen mit steigenden, selten mit allmählich sinkenden) Massen ausgestattet werden.

Der jährliche Hiebssatz wird durch Division des periodischen mit der Anzahl der Periodenjahre gefunden.

Eine Betriebsklassenbildung verlangt das Massenfachwerk nicht unbedingt, sie ist aber bereits dem Begründer der Methode, G. L. Hartig, nicht fremd, indem er wenigstens das Gebiet jeder Holzart als selbständige Betriebsklasse betrachtet. Die weitere Teilung des Waldes in Hiebszüge und Abteilungen, wie sie das im § 109 unter α geschilderte Flächenfachwerk haben muss, fordert das Massenfachwerk nicht unbedingt, sie lässt sich jedoch sehr gut mit dieser Methode vereinigen. Eine Verteilung der Abteilungen an die einzelnen Zeitperioden findet nicht statt.

Zur Ermittelung des Hiebssatzes werden alle Bestände für die nächste Umtriebszeit an die einzelnen Zeitperioden verteilt. Der vorhandenen Masse jedes Einzelbestandes wird durchschnittlich nach passenden Ertragstafeln oder durch Zuwachsaufrechnung so viel Zuwachsmasse zugeschlagen, als der Bestand noch zeigen würde, wenn er in der Mitte seiner Periode zum Abtriebe käme, oder mit andern Worten, man berechnet das Hiebsalter jedes Einzelbestandes für die Mitte seiner Abtriebsperiode und stellt die diesem Alter entsprechende Masse in Rechnung.

Die erste versuchsweise Verteilung der Bestände wird wohl immer sehr ungleiche periodische Erträge nachweisen. Zum Zwecke der Ausgleichung werden die verschiedenen Bestände wiederholt aus einer Periode in die andere verschoben, wodurch sich natürlich auch die Beträge ihres Zuwachses ändern. Wäre z. B. die II. Periode zu gering, die IV. zu hoch ausgestattet, so müssten aus letzterer Verschiebungen in die III. und aus dieser in die II. stattfinden, bis durch wiederholtes Probieren endlich das Ziel erreicht ist. Um nicht gezwungen zu sein, die Bestände infolge dieser Verschiebungen viel vor oder viel nach ihrem forstlichen Haubarkeitsalter abtreiben zu müssen, empfiehlt es sich, die Zwischennutzungen für die Ausgleichung zu Hilfe zu nehmen, weshalb der Hiebssatz sofort für die Summe von Abtriebs- und Zwischennutzungen zu berechnen ist.

Beispiel. Die Berechnung des Hiebssatzes für unser wiederholt angewendetes Beispiel würde etwas umständlich, begnügen wir uns daher der Kürze wegen mit der Ermittelung des Hiebssatzes der Abtriebsnutzungen für eine kleine 60 ha grosse Betriebsklasse, welche nur aus drei Beständen, a, b und c derartig zusammengesetzt ist, dass der Hieb in a beginnen, sich durch b fortsetzen und in c endigen kann. Die Ertragsverhältnisse entsprechen genau der 3. Bonität (§ 5), der Umtrieb sei ein 80jähriger. Der Bestand a sei 15 ha gross, 60jährig, b 35 ha, 30jährig, c 10 ha, 10jährig. Die Verteilung erfolgt an vier 20 Jahre umfassende Perioden.

1. Verteilung.

Periode	Bezeichnung	Fläche	Durchschnittliches Abtriebsalter	Ertrag in fm 1 ha	Summe
I.	a	15 ha	70j.	482	7230
II.	von b	20 „	60j.	394	7880
III.	„ b	15 „	80j.	559	8385
IV.	c	10 „	80j.	559	5590
	Summe	60 ha			29085 fm.

Die letzte Periode ist hier bestimmt, wahrscheinlich auch die I. mit zu wenig Masse ausgestattet. Es muss deshalb eine Verschiebung der Bestände stattfinden, welche nach einigen Versuchen folgendes Resultat ergibt:

Letzte Verteilung.

Periode	Bezeichnung	Fläche	Durchschnittliches Abtriebsalter	Ertrag in fm 1 ha	Summe	
I.	a	15,0 ha	70j.	482	7230	7327
	von b	0,5 „	40j.	193	97	
II.	„ b	18,7 „	60j.	394	7368	
III.	„ b	13,2 „	80j.	559	7379	
IV.	„ b	2,6 „	100j.	674	1752	7342
	c	10,0 „	80j.	559	5590	
	Summe	60 ha			29416 fm.	

Im Massenfachwerk spricht sich das Streben nach Herstellung des Normalzustandes nicht aus, denn es kennt nur den Grundsatz, den zufällig vorhandenen Vorrat und den an ihm erfolgenden Zuwachs in annähernd gleichen periodischen Erträgen auf eine ganze Umtriebszeit zu verteilen. Trotzdem kann es dann, wenn die Wirtschaft keine Störungen erleidet, den Normalzustand annähernd erreichen, wenn auch später als das Flächenfachwerk, sobald es bei der Verteilung der Hiebsorte auf die einer richtigen Waldeinteilung entsprechende Herstellung einer geordneten Hiebsfolge Bedacht nimmt. Ursprünglich ist diese Anforderung aber nicht betont worden.

Eine schwache Seite des Massenfachwerkes liegt darin, dass es für einen ganzen Umtrieb die Abtriebs- und sogar die Zwischennutzungs-Erträge in Rechnung stellen muss. Dadurch werden in letztere so viel unsichere Faktoren eingeführt, dass es bei den periodischen Revisionen unerlässlich ist, immer wieder neue Bestandsverschiebungen vorzunehmen.

Die ersten Keime des Massenfachwerkes liegen bereits in dem Verfahren, welches Beckmann[50]) empfahl. Schon dieser wollte nicht die Schlagflächen, sondern die Holzerträge ausgleichen. Wirklich begründet und weiter entwickelt wurde diese Methode jedoch hauptsächlich von G. L. Hartig[51]).

b. Die Normalvorratsmethoden.

Diese entwickeln den Hiebssatz der Abtriebsnutzungen aus dem Verhältnis zwischen Vorrat und Zuwachs. Ein Wirtschaftsplan ist für sie nicht Voraussetzung. Ihr nächstes Ziel ist die Herstellung der Gleichheit des wirklichen mit dem normalen Vorrat in einer Betriebsklasse.

Da sie zur Berechnung des Hiebssatzes gewisse mathematische Formeln anwenden, hat man sie auch Formelmethoden genannt.

1. Die Kameraltaxe.

§ 111. Diese älteste der Normalvorratsmethoden berechnet den jährlichen Hiebssatz der Abtriebsnutzungen (e) als Summe aus dem jährlichen Gesamtzuwachs (Z) und dem Quotienten aus der Umtriebszeit in die positive oder negative Differenz zwischen dem wirklichen und dem normalen Vorrate. Die Bildung von Betriebsklassen ist Voraussetzung. Die Ertragsformel lautet: $e = Z + \frac{V_w - V_n}{u}$.

Das Streben der Kameraltaxe ist also dahin gerichtet, die Gleichstellung des

50) Beckmann, „Anweisung zu einer pfleglichen Forstwirtschaft“. 1759. — 2. Aufl. 1766.

51) G. L. Hartig, „Anweisung zur Taxation der Forste oder zur Bestimmung des Holzertrags der Wälder“ 1795. — 2. Aufl. unter dem Titel: „Anweisung zur Taxation und Beschreibung der Forste“ 1804 u. 1805. — 3. Aufl. 1813. — 4. Aufl. 1819.

Derselbe, „Neue Instruktionen für die Königlich Preussischen Forst-Geometer und Forst-Taxatoren“. 1819. — 2. Aufl. 1836.

wirklichen und normalen Vorrates während der nächsten Umtriebszeit durch Mehrnutzung bei Vorratsüberschuss, durch Ersparung bei Vorratsmangel zu bewirken.

Der Zuwachs wird als wirklicher Haubarkeits-Durchschnittszuwachs in Rechnung gestellt.

Der Normalvorrat (Fundus instructus) wird mit Hilfe des wirklichen Haubarkeits-Durchschnittszuwachses nach der Formel $\frac{uZ}{2}$ berechnet (§ 27 unter b).

Der wirkliche Vorrat wird für jeden einzelnen Bestand nicht so angesetzt, wie er sich tatsächlich im Walde findet, sondern als Produkt aus seiner Fläche, seinem Alter und seinem Haubarkeits-Durchschnittszuwachs. Die Summe sämtlicher so berechneten Vorräte aller Einzelbestände ist V_w.

Beispiel. Für den 169,84 ha Holzboden umfassenden Wald (§ 84) nehmen wir einen 90 jährigen Umtrieb an. Der Haubarkeits-Durchschnittszuwachs betrage für die Bestände der 1. Bestandsbonität 1,73 fm, für die der 2. Bonität 4,48 fm, für die der 3. Bonität 6,89 fm, für die der 4. Bonität 9,08 fm.

Setzen wir nun für die Berechnung von Z und V_n voraus, dass die beiden Blössen 1b zur 2. und 10c zur 3. Bonität zu rechnen seien, weil ihr Standort dahin gehört, so wird

$$Z = 13,28 \cdot 1,73 + 53,92 \cdot 4,48 + 68,88 \cdot 6,89 + 33,76 \cdot 9,08 = 1045,65.$$

$$V_n = \frac{90 \cdot 1045,65}{2} = 47054.$$

Der wirkliche Vorrat kann nur als Summe der Vorräte der einzelnen Bestände berechnet werden.

z. B. für die Abteilung 1 und 2 [52]).

1a	2,72 . 5 . 4,48 =	60,93
b	(Blösse) . . .	—
c	6,40 . 90 . 4,48 =	2580,48
	Abt. 1 =	2641,41.
2a	7,20 . 90 . 4,48 =	2903,04
b	8,32 . 25 . 6,89 =	1433,12
c	4,00 . 50 . 4,48 =	896,00
	Abt. 2 =	5232,16 u. s. w.

In Summe stellt sich hiernach V_w auf 48581 fm.

$$e = 1046 + \frac{48581 - 47054}{90} = 1063 \text{ fm.}$$

Wollte man V_n nicht nach den gegenwärtigen Bestandsbonitäten, sondern nach den jetzigen Standortsbonitäten berechnen, so würde

$$Z = 38,08 \cdot 4,48 + 64,9 \cdot 6,89 + 66,86 \cdot 9,08 = 1224,85 \text{ und } V_n = \frac{90 \cdot 1224,85}{2} = 55118.$$

$$e = 1046 + \frac{48581 - 55118}{90} = 973 \text{ fm.}$$

Wir halten das erstere Verfahren für das im Sinne der Kameraltaxe gelegene.

Da der wirkliche Zuwachs und deshalb auch V_n veränderliche Grössen sind, weil infolge des Abtriebes eine Verbesserung, infolge von Elementarereignissen eine Verschlechterung des Zuwachses eintreten kann, so wird diese Ertragsformel zur Ausgleichung der Vorratsdifferenz durchaus nicht gerade während der nächsten Umtriebszeit führen. Sie tut dies rechnungsmässig nur dann, wenn man annimmt, dass Z eine konstante Grösse sei. Ausserdem müsste nicht bloss V_w, sondern auch der wirklich verschlagene Hiebssatz so in Rechnung gestellt werden, als ob die Hiebsorte wirklich

52) Diese Ansätze stimmen nicht mit denen im § 86 und im § 94 überein, weil wir hier nicht für jeden Einzelbestand den Haubarkeits-Durchschnittszuwachs besonders eingeschätzt, sondern ihn so angenommen haben, wie er sich aus den Bonitätstafeln im § 5 unter 1) für das 90. Jahr ergibt.

einen Ertrag gewährt hätten, welcher gleich sei dem Produkt aus Alter, Fläche und Haubarkeits-Durchschnittszuwachs des angenommenen Umtriebes. Dass aber alle Abtriebe von Beständen, welche jünger oder älter als u sind, andere Erträge gewähren, versteht sich von selbst.

Da die Kameraltaxe einen Wirtschaftsplan übrigens nicht kennt, ist die Verbesserung eines vorhandenen Waldzustandes, oder eine Annäherung desselben an den Normalzustand durch die Anwendung derselben überhaupt nicht möglich. Wollte man die Methode dadurch verbessern, dass man durch eine rationelle Waldeinteilung wenigstens den Gang des Hiebes ordnet, also eine normale Verteilung der Altersklassen anbahnt, so kann dies allerdings geschehen[53]), allein die Unvollkommenheit der Anwendung des Haubarkeits-Durchschnittszuwachses mit ihren irrigen Konsequenzen bleibt bestehen.

Dass diese Methode mit ihrem „Fundus instructus" bei fideikommissarischen Abschätzungen zu bedenklichen Konsequenzen führen kann, ist anerkannt worden[54]).

Durch Einführung mindestens alle 10 Jahre wiederkehrender Revisionen liessen sich die Fehler der Methode wohl wesentlich mildern, aber nicht ganz beseitigen. Die Kameraltaxe selbst kennt jedoch solche Revisionen nicht.

Der Wert der ganzen Methode ist, wie aus Vorstehendem hervorgeht, nur ein historischer. Dieser ist ihr aber vollständig zuzusprechen, denn mehr oder weniger hat sie allen später entwickelten Normalvorratsmethoden als Grundlage gedient[55]).

Anmerkung. An die Kameraltaxe schloss sich Huber an, welcher den Hiebssatz gleich setzt dem wirklichen Zuwachs, vermehrt oder vermindert um einen aliquoten Teil der positiven oder negativen Differenz $V_w - V_n$, welche er stets im Laufe einer Umtriebszeit in fallender Reihe beseitigt haben will. Er veranschlagt jedoch V_w und V_n nicht nach dem Haubarkeits-Durchschnittszuwachs, sondern nach deren wirklichen Massen und rechnet auch den Zuwachs nicht als durchschnittlichen, sondern als laufenden[56]). Huber's Verfahren bildet sonach eine Uebergangsform zu den Methoden von Hundeshagen und Karl.

2. Hundeshagen's Verfahren.

§ 112. Hundeshagen[57]) berechnet den jährlichen Hiebsatz der Abtriebsnutzungen (e_w) einer Betriebsklasse aus dem wirklichen Vorrat (V_w) nach demselben Verhältnis, in welchem der normale Vorrat (V_n) zum normalen Hiebssatz (e_n) steht. Letzterer ist (§ 35) gleich dem normalen Zuwachs oder auch gleich dem Inhalte des ältesten Jahresschlages im Normalwalde.

Die Proportion $V_n : e_n = V_w : e_w$ oder $e_w : e_n = V_w : V_n$ ergibt $e_w = V_w \cdot \frac{e_n}{V_n}$.

Den Faktor $\frac{e_n}{V_n}$ nannte Hundeshagen eigentümlicher Weise das Nutzungsprozent.

53) In solchem Sinne verfährt die „Instruktion für die Begrenzung, Vermarkung, Vermessung und Betriebseinrichtung der österreichischen Staats- und Fondsforste" v. J. 1878. Zu vergl. § 116.

54) Zu vergl. Judeich, „Forsteinrichtung". 5. Aufl. 1893. S. 359.

55) Allgemeiner bekannt wurde die Kameraltaxe zuerst durch André, welcher seit 1811 in der Zeitschrift: „Oekonomische Neuigkeiten" betreffende Artikel veröffentlichte, ferner durch dessen Buch: „Versuch einer zeitgemässen Forstorganisation". 1823. — 2. Aufl. 1830. — Als Grundlage dient der Methode ein österreichisches Hofkammerdekret vom 12./14. Juli 1788, welches ein Verfahren für „Waldabschätzungen" vorschreibt. Zu vergl. Thar. f. J. 19 Bd. S. 78 flg.

56) „Zeitschrift für das Forst- und Jagdwesen" von Meyer und Behlen. 1824 und 1825. Ferner A. F. u. J.Z. 1832 und 1833.

57) Hundeshagen, „Encyclopädie der Forstwissenschaft". 2. Abteilung, forstliche Gewerbslehre. 1821. — 4. Aufl., herausgeg. von Klauprecht 1843.

Derselbe, „Die Forstabschätzung auf neuen wissenschaftlichen Grundlagen. 1826. — 2. Aufl., herausgeg. von Klauprecht. 1848.

Der Normalvorrat wird nicht nach dem Haubarkeits-Durchschnittszuwachs berechnet, sondern als Summe der Massen aller Altersstufen einer normal gedachten Betriebsklasse, es wird also einfach eine entsprechende Ertragstafel bis zum uten Jahre summiert. Der normale Hiebssatz ist gleich dem ujährigen Gliede derselben Tafel. Der wirkliche Vorrat ist gleich den im Walde wirklich vorhandenen Massen.

Dem Hiebssatze der Abtriebsnutzungen wird der der Zwischennutzungen gesondert zugerechnet.

Als Vorzug seines Verfahrens zur Berechnung des Hiebssatzes betrachtet Hundeshagen die Ersparung eines Fällungsplanes, wenn dieser auch für längere oder kürzere Zeit gestattet sei. Er lässt allerdings der „Forstabschätzung“ (Ertragsbestimmung) eine „Wirtschafts- oder Forst-Einrichtung“ vorausgehen, welche auch die Reihenfolge der Schläge ordnet, diese Arbeiten sind aber nicht Aufgabe des „Taxators“ (Forsteinrichters in unserem Sinne) sondern des „Forstwirtschafters“. Durch dieselben wird die Grösse des Hiebssatzes nicht beeinflusst.

Für einen aus mehreren Betriebsklassen bestehenden Wald kann man das Nutzungsprozent „in eins kombinieren“. Ferner schlägt Hundeshagen selbst noch ein abgekürztes Verfahren vor, bei welchem für die Berechnung von V_w und V_n nur die Vorräte der Bestände zu erheben sind, deren Alter nicht weniger als die Hälfte der normalen Umtriebszeit beträgt; es wird auf diese Weise ein „partielles Nutzungsprozent“ ermittelt.

Beispiel. Für den 169,84 ha grossen Wald (§ 84), welcher im 90jährigen Umtriebe zu bewirtschaften ist, gelten die § 5 mitgeteilten Ertragstafeln.

Bei Berechnung von V_n und e_n ist zu beachten, dass wir es mit drei Standortsbonitäten zu thun haben. Es ist also für jede derselben V_n und e_n besonders zu berechnen, um schliesslich aus den Summen derselben das Nutzungsprozent zu finden.

Die Berechnung von V_n erfolgt nach Anweisung des § 27a für den Sommerstand, und zwar für den 90jährigen Umtrieb.

2. Bonität für 90 ha $V_n = 10(12 + 35 + 73 + 128 + 195 + 263 + 323 + 367 + 202) = 15980$,

für 1 ha 177,6.

3. Bonität für 90 ha $V_n = 10(18 + 54 + 113 + 193 + 297 + 394 + 482 + 559 + 310) = 24200$,

für 1 ha 268,9.

4. Bonität für 90 ha $V_n = 10(30 + 83 + 172 + 281 + 405 + 549 + 663 + 750 + 408) = 33410$,

für 1 ha 371,2.

V_n des Waldes daher $177{,}6 \,.\, 38{,}08 + 268{,}9 \,.\, 64{,}9 + 371{,}2 \,.\, 66{,}86 = 49033$ fm,

$$e_n = \frac{403}{90} \,.\, 38{,}08 + \frac{620}{90} \,.\, 64{,}9 + \frac{817}{90} \,.\, 66{,}86 = 1224{,}54.$$

$$\text{Nutzungsprozent } \frac{e_n}{V_n} = \frac{1224{,}54}{49033} = 0{,}025.$$

Die Berechnung von V_w erfolgt durch Ermittelung sämtlicher wirklich vorhandener Vorratsmassen der einzelnen Bestände, z. B.

1a.	2,72 . 3 =	8,16
b.	Blösse =	0.
c.	6,40 . 450 =	2880,00
Abt. 1.		2888,16 fm.
2a.	7,20 . 450 =	3240,00
b.	8,32 . 84 =	698,88
c.	4,00 . 200 =	800,00
Abt. 2.		4738,88 fm u. s. w.

Die Summe des Vorrates sämtlicher Bestände V_w stellt sich hiernach abgerundet auf 45500 fm.

$$e_w = 45500 \,.\, 0{,}025 = 1137 \text{ fm.}$$

Dieser im Vergleiche zu dem § 86 nachgewiesenen Hiebssatze von 780 fm sehr hohe Betrag erklärt sich wesentlich dadurch, dass nach unserem Verfahren möglichst sparsam gewirtschaftet werden musste, um nach dem Abtriebe der jetzt vorhandenen Althölzer mit dem Hiebe nicht allzuviel unreife oder kaum hiebsreife Orte treffen zu müssen. Eine Rücksicht, welche Hundeshagen's Verfahren nicht kennt, da entweder gar kein Wirtschaftsplan vorher aufgestellt wurde, oder nur ein solcher, welcher einflusslos auf die Grösse des Hiebssatzes bleibt.

Die Berechnung der Grössen V_n und V_w ist bei der Hundeshagen'schen Methode zwar richtiger, der Wirklichkeit entsprechender, als bei der Kameraltaxe, allein die Voraussetzung, dass sich der wirkliche Vorrat zum wirklichen Hiebssatze verhalte, wie der normale Vorrat zum normalen Hiebssatz, ist nicht ganz richtig. Die Formel $V_w \cdot \frac{e_n}{V_n}$ ist eine irrationale, da eine ganz genaue Ausgleichung der Vorräte durch deren Anwendung nie erfolgt. Streng genommen gilt der ermittelte Hiebssatz übrigens nur für ein Jahr, da zwar das Nutzungsprozent konstant bleibt, V_w sich aber von Jahr zu Jahr ändert. Ueber den Ausgleichungszeitraum gibt das Verfahren gar keinen Aufschluss. Auf die zeitlichen und örtlichen Absatzverhältnisse, auf die Bedürfnisse des Waldbesitzers nimmt das Verfahren keine Rücksicht, ebensowenig auf die so wichtige Gestaltung des Altersklassenverhältnisses. Bei Vorratsüberschuss können alte, zuwachsarme Vorräte lange fortgeschleppt, bei Vorratsmangel ganz unreife Orte abgetrieben werden. Namentlich vom finanzwirtschaftlichen Standpunkte aus betrachtet ist diese Methode daher wertlos. Unter Voraussetzung 5- oder wenigstens 10jähriger Revisionen kann der mit ihrer Hilfe ermittelte Hiebssatz als Regulator des durch die Bestandswirtschaft berechneten Hiebssatzes für die allgemeinen Erwägungen mit in Frage kommen.

Anmerkung 1. Als eigentlicher Begründer dieser Methode ist übrigens Paulsen[58]) zu betrachten, indem er Ertragstafeln konstruierte und das Verhältnis des (laufenden) Zuwachses zu dem Ertrage des Forstgrundes im vollkommenen Zustande entwickelte. Diese Tafeln enthalten aber nicht bloss die Abtriebs-, sondern auch die Zwischennutzungen. Die Summierung einer Ertragstafel gibt den Normalvorrat, mit diesem wird in die Summe aus dem Inhalte des ujährigen Schlages und sämtlicher bis dahin eingehenden Zwischennutzungen dividiert; das Produkt aus dem so erhaltenen Quotienten mit dem wirklichen Vorrat eines der Bonität der Ertragstafel entsprechenden Waldes ist gleich dem jährlich möglichen Ertrag an Abtriebs- und Zwischennutzungen. Letztere zieht Hundeshagen sehr richtig nicht mit in seine Rechnung, sondern veranschlagt dieselben gesondert.

Nach seiner eigenen Erklärung [59]) hat übrigens Hundeshagen das „rationelle Verfahren", wie er selbst die von ihm begründete Methode der Ertragsbestimmung nennt, ohne Kenntnis der Arbeit Paulsen's, welche ihm erst 1830 zufällig zu Gesicht gekommen sei, also ganz selbständig entwickelt.

Anmerkung 2. Auf Grundlage des Hundeshagen'schen Verfahrens hat Breymann [60]) eine andere Ertragsformel aufgestellt. Wenn man V_w und V_n mit Hilfe des Haubarkeits-Durchschnittszuwachses berechnet und diese Werte in die Hundeshagen'sche Formel einsetzt, so kann man die Regel Breymann's entwickeln, welcher schliesst, dass

---

58) „Kurze praktische Anweisung zum Forstwesen oder Grundsätze über die vorteilhafteste Einrichtung der Forsthaushaltung und über Ausmittelung des Werts vom Forstgrunde besonders auf die Grafschaft Lippe angewendet, verfasset von einem Forstmanne. und herausgegeben von G. F. Führer, Fürstl. Lippischen Cammerrath, nebst einer Vorrede vom Königl. Churfürstl. Herrn Oberförster Kuntze zu Erzen." 1795. — 2. Aufl. 1797.

59) Hundeshagen, „Forstliche Berichte und Miscellen". 1. Heft 1830. S. 161.

60) Zuerst mitgeteilt in d. Oe. V. IV. Band, 4. Heft 1854; dann in Breymann, „Anleitung zur Waldwertberechnung, sowie zur Berechnung des Holzzuwachses und nachhaltigen Ertrages der Wälder". 1855; ferner in Breymann, „Anleitung zur Holzmesskunst, Waldertragsbestimmung und Waldwertberechnung". 1868.

sich der gegenwärtige Hiebssatz (e_w) einer Betriebsklasse zu ihrem gegenwärtigen Durchschnittsalter (m) verhalte, wie der normale Hiebssatz (e_n) zum normalen Durchschnittsalter. Die Proportion lautet hiernach

$$e_w : m = e_n : \frac{u}{2}, \text{ hieraus}$$

$$e_w = e_n \cdot \frac{2m}{u}.$$

Irgend eine praktische Bedeutung hat diese Rechnung nicht, weshalb wir auf deren nähere Entwickelung verzichten.

3. Karl's Verfahren.

§ 113. Im Jahre 1838 veröffentlichte Karl eine durch die österreichische Kameraltaxe wohl angeregte Betriebs-Regulierungsmethode [61]). Er setzt den jährlichen Hiebssatz der Abtriebsnutzungen gleich dem laufenden wirklichen Jahreszuwachs der Betriebsklasse, vermehrt um die durch eine Ausgleichungszeit a geteilte positive oder negative Differenz zwischen dem wirklichen und dem Normalvorrat. Letzterer wird mit Hilfe einer Ertragstafel, der wirkliche Vorrat durch Erhebung der tatsächlich vorhandenen Masse berechnet. Für das erste Jahr der Nutzungszeit würde sonach der

$$\text{Hiebssatz} = Z_w + \frac{V_w - V_n}{a}.$$

Dieselbe Formel würde genau nur dann Geltung auch für alle anderen Jahre der Ausgleichungszeit haben, wenn man Z_w jährlich neu ermittelte, da sich dieser fortwährend ändert. Um dieser Veränderung, d. h. der allmählichen Annäherung von Z_w an den normalen Zuwachs, Rechnung zu tragen, ohne jährlich eine neue Berechnung vornehmen zu müssen, wird der Formel noch ein drittes Glied zugefügt, nämlich das Produkt aus dem Quotienten des Ausgleichungszeitraumes in die Zuwachsdifferenz mit der seit der Schätzung verflossenen Anzahl der Jahre, also $\frac{Z_w - Z_n}{a} \cdot n$. Im ersten Jahre wäre $n = 0$, mithin der ganze Ausdruck $= 0$. Infolge des Wachsens von n würde eigentlich in jedem Jahre ein anderer Hiebssatz erfolgen müssen, der Einfachheit wegen schlägt Karl jedoch die Bildung 10jähriger Perioden vor und setzt $n = 5$, nämlich gleich der Mitte der Periode, für welche der Hiebssatz gleich gross sein soll. Nach Ablauf der Periode findet eine neue Berechnung statt.

Wenn $V_w > V_n$, ist der Massendifferenz das Zeichen + zu geben, ist $V_w < V_n$ das Zeichen —. Das dritte Glied der Formel erhält stets das entgegengesetzte Vorzeichen der Massendifferenz. Die Karl'sche Formel lautet demnach

$$e = Z_w \pm \frac{V_w - V_n}{a} \mp \left(\frac{Z_w - Z_n}{a}\right) n.$$

Der Ertrag der Durchforstungen wird summarisch besonders ermittelt und dem Hiebssatze zugeschlagen.

Uebrigens soll ein nur ganz allgemein gehaltener Wirtschaftsplan aufgestellt werden, um den Wirtschafter nicht allzusehr zu beengen. Auch deshalb empfiehlt Karl 10jährige Revisionen. Der Wirtschaftsplan bleibt ohne Einfluss auf den Hiebssatz oder übt einen solchen vielleicht nur dadurch aus, dass er den Ausgleichungszeitraum bestimmen hilft. Karl selbst spricht sich über die Wahl dieses Zeitraumes nicht genauer aus.

Gemeinsam mit der Kameraltaxe stützt sich Karl's Formel auf die einfache Wahrheit, dass bei Vorratsüberschuss etwas mehr, bei Vorratsmangel etwas weniger

---

61) H. Karl, „Grundzüge einer wissenschaftlich begründeten Forstbetriebs-Regulierungsmethode" u. s. w. 1838.

geschlagen werden müsse, als der wirkliche Zuwachs des Waldes beträgt, um die Vorratsdifferenz auszugleichen. Vor der Kameraltaxe gebührt ihr aber der Vorzug, dass ihre Faktoren mit Hilfe des laufenden Zuwachses berechnet werden, ferner dass an Stelle des Umtriebes ein nach den gerade vorliegenden Verhältnissen zu wählender Ausgleichungszeitraum tritt.

Unzweifelhaft unrichtig ist aber das dritte Glied der Formel, welches stets das entgegengesetzte Vorzeichen des zweiten Gliedes erhalten soll. Karl setzt hiernach voraus, dass eine Vermehrung oder Verminderung des wirklichen Vorrates auch eine Vermehrung oder Verminderung des wirklichen Zuwachses zur Folge haben müsse. Er übersieht also, dass auch das Umgekehrte eintreten kann. Dieser Irrtum beruht auf der Anschauung, dass das Materialkapital eines Waldes einem Geldkapitale gleiche, welches um so mehr Zinsen trägt, je grösser es ist. Das dritte Glied der Formel ist also unrichtig, aber auch überflüssig, sobald alle 10 Jahre wirklich Revisionen abgehalten werden. Die während der Ausgleichungszeit erfolgenden Verbesserungen des Zuwachses sind Folge stattgehabter Abtriebe zuwachsarmer Orte, guter Kulturen und Massregeln der Bestandspflege, lassen sich also rechnungsmässig gar nicht vorausbestimmen. Dagegen lässt sich selbst für den Finanzrechner die Formel mit Hinweglassung des letzten Gliedes als berücksichtigungswerter, jedoch nicht massgebender Regulator des aus der Bestandswirtschaft entwickelten Hiebssatzes gebrauchen.

Beispiel. Nehmen wir an, dass für unser § 84 gegebenes Beispiel die Bestände den aus den Tafeln (§ 5) zu berechnenden laufenden Zuwachs hätten, welchen wir gleich dem periodischen Durchschnittszuwachs setzen, so berechnet sich die Grösse Z_w wie folgt:

1a.	2,72 . 1,2 =	3,26
b.	Blösse	—
c.	6,40 . 3,4 =	21,76
	Abt. 1.	25,02 fm.
2a.	7,20 . 3,4 =	24,48
b.	8,32 . 5,9 =	49,09
c.	4,00 . 6,8 =	27,20
	Abt. 2.	100,77 fm u. s. w.

Die Summe Z_w stellt sich nach dieser Rechnung für sämtliche Abteilungen auf 942 fm.

Nach den beiden ersten Formelgliedern, da V_w und V_n wie bei der Hundeshagen'schen Methode angesetzt werden können, stellt sich der Hiebssatz an Abtriebsnutzungen, wenn man einen 50jährigen Ausgleichungszeitraum wählt, auf $942 + \frac{45\,500 - 49033}{50} = 871$ fm.

Anmerkung. Die hier angewendete Rechnung nach den einzelnen Bonitäten ist für Karl's Methode natürlich nicht ausgeschlossen, allein Karl selbst schlägt einen etwas anderen Weg vor. Für jede Holz- und Betriebsart soll nur eine Ertragstafel, u. z. nur für die beste Standortsklasse angenommen werden. Diese wird gleich 1 gesetzt, und werden bei der Bonitierung die geringeren Güteklassen sowohl des Standortes als auch des Bestandes in Dezimalen ausgedrückt. Die Standorts-Bonität nennt Karl „Ertragsfähigkeit“, die Bonität des Bestandes „Ertragsvermögen“. Wäre z. B. erstere 0,8, letzteres 0,7 für einen 10 ha grossen, 50 Jahre alten Fichtenbestand, und die betreffende Normalertragstafel wiese für dieses Alter 400 fm nach, so würde seine jetzige Masse 10 . 0,8 . 0,7 . 400 = 2240 fm betragen.

C. Die kombinierten Methoden.

Die kombinierten Methoden ermitteln den jährlichen oder periodischen Hiebssatz der Abtriebsnutzungen mit Hilfe eines Wirtschaftsplanes, indem sie sowohl die Abtriebsfläche als auch die Masse des Vorrates und Zuwachses in Rechnung stellen. Der Massen-Hiebssatz ist also nicht lediglich Folge des Flächen-Hiebssatzes, ebensowenig, wie letzterer lediglich Folge des ersteren ist, sondern beide beeinflussen sich gegenseitig.

a) Das kombinierte Fachwerk.

§ 114. Das kombinierte (auch komponierte) Fachwerk ist eine Verbindung von Flächen- und Massen-Fachwerk, welche die Nutzung eines Waldes derartig zu verteilen sucht, dass die einzelnen Perioden (Fächer) mit annähernd gleichen Massen und annähernd gleichen Flächen oder nur zum Teil mit annähernd gleichen Massen, zum Teil mit annähernd gleichen Flächen ausgestattet werden.

Die Verteilung selbst erfolgt für eine ganze Umtriebs- oder Einrichtungszeit, oder auch nur für kürzere Zeiträume. Die Ausgleichung der Massen kann entweder durch die Abtriebsnutzungen allein oder auch mit Hilfe der Zwischennutzungen geschehen.

Der jährliche Hiebssatz ist aus dem periodischen entweder mit vorwiegender Berücksichtigung der Massen oder mit vorwiegender Berücksichtigung der Flächen zu berechnen.

Das Verfahren der Ausgleichung bedarf nach dem über das Flächen- und das Massen-Fachwerk Gesagten keiner weitgehenden Erläuterung. Man setzt für die einzelnen Perioden die einzelnen Bestände mit Fläche und Masse an, vergleicht deren Summen und sucht die Differenzen durch Verschiebung der Bestände aus einer Periode in die andere möglichst auszugleichen. Dabei ist auf eine allmähliche Ordnung der Hiebsfolge stets Bedacht zu nehmen.

Das Ideal des kombinierten Fachwerkes, nämlich eine vollständige Gleichheit der periodischen Hiebsflächen und Hiebsmassen, ist natürlich um so weniger erreichbar, je abnormer die Bestandsverhältnisse einer Betriebsklasse sind. Der Normalzustand wird durch dieses Fachwerk um so eher hergestellt werden, je mehr man Gewicht auf die normale Verteilung der Altersklassen legt, wodurch es allerdings unvermeidlich wird, während des nächsten Einrichtungszeitraumes auf eine Gleichheit der periodischen Massen zu verzichten. Gegenüber dem Flächen- und dem Massen-Fachwerk besitzt immerhin das kombinierte Fachwerk den Vorzug, eine grössere Gleichmässigkeit der periodischen Nutzungen als ersteres zu gewähren, dabei aber die Betriebsklasse ihrem Normalzustand etwas schneller entgegenzuführen als letzteres.

Die Erkenntnis der Tatsache, dass das ideale Ziel des kombinierten Fachwerkes überhaupt nicht erreichbar sei, hat zu der sehr richtigen Vereinfachung geführt, die Hiebsflächen und Massen nicht für sämtliche Perioden des Umtriebes oder Einrichtungszeitraumes auszugleichen, sondern diese Ausgleichung auf die erste oder die beiden ersten Zeitperioden zu beschränken, den späteren aber durch den allgemeinen Hauungsplan nur annähernd gleiche Flächen zuzuweisen [62].

Mit dieser Vereinfachung findet das kombinierte Fachwerk z. B. Anwendung im Königreich Preussen [63].

Teils in der Literatur, teils in der Praxis sind zahlreiche Variationen des kombinierten Fachwerkes zur Geltung gekommen. Wenn wir es auch für unnötig halten, jeder dieser Methoden einen besonderen Namen zu geben, so mögen die hauptsächlichsten doch hier im Anschluss an die von G. Heyer [64]) mitgeteilte Uebersicht der von ihm „unvollständige Kombinationen des Flächen- und des Massenfachwerks“ genannten Methoden Erwähnung finden.

---

62) Eingehend zuerst erörtert durch (v.) Klipstein, „Versuch einer Anweisung zur Forst-Betriebs-Regulierung.“ 1823.

63) Zu vergl. v. Hagen, „Die forstlichen Verhältnisse Preussens“. 3. Aufl., herausgeg. von Donner. 1894. 1. Band, S. 193 flg. u. S. 217 flg.

64) Carl Heyer, „Die Waldertrags-Regelung“. 3. Aufl. von Gustav Heyer. 1883. S. 309.

1) Die Flächen und Massen werden periodisch tunlichst gleich gestellt, der jährliche Hiebssatz wird durch Division des periodischen Massenhiebssatzes durch die Anzahl der Periodenjahre gefunden [65]).

2) Der periodische Hiebssatz wird nach der Masse ermittelt, der jährliche dagegen durch Division der periodischen Hiebsfläche durch die Anzahl der Periodenjahre. Hiebei fallen die periodischen Schlagflächen ungleich gross, die jährlichen innerhalb jeder Periode gleich gross aus [66]).

3) Der periodische Hiebssatz wird nach der Fläche ermittelt, der jährliche dagegen nach der Masse, und zwar

a) nur für die erste Periode [67]),

b) für die beiden ersten Perioden [68]).

Anderweite noch denkbare Kombinationen lassen wir hier unberücksichtigt. Ohnehin wird dadurch kein wesentlicher Unterschied begründet, ob man innerhalb des Perioden-Rahmens eines für eine ganze Umtriebs- oder Einrichtungszeit aufgestellten Planes für die erste Periode oder nur für einen Teil derselben den jährlichen Hiebssatz nach der Masse oder nach der Fläche berechnet. In der Praxis wird dann wohl gewöhnlich mit Recht auf beide Faktoren tunlichst Rücksicht genommen, je nachdem es die gerade vorliegenden Verhältnisse verlangen.

b) Verbindung des Fachwerks- mit Normalvorrats-Methoden.

Die Nutzung eines ganzen Waldes oder einer Betriebsklasse wird entweder nach dem Verfahren eines Fachwerkes auf die Perioden eines Umtriebs- oder Einrichtungszeitraumes verteilt, diese Verteilung aber zum Zwecke der Bestimmung des jährlichen Hiebssatzes an Abtriebsnutzungen durch die Formel einer Normalvorratsmethode berichtigt, oder eine derartige Verteilung findet nicht statt, es werden aber im Sinne des Fachwerkes bestimmte Betriebsvorschriften massgebend für die Faktoren und die Methode der Ermittelung der durch eine Vorratsformel zu berechnenden Abtriebsnutzung.

Heyer's Verfahren.

§ 115. Mit Hilfe eines speziellen Hauungsplanes verteilt Heyer die Bestände einer Betriebsklasse auf die Perioden einer ganzen Umtriebs- oder Einrichtungszeit unter Beachtung der Herstellung einer geordneten Hiebsfolge derartig, dass die einzelnen Perioden mit annähernd gleichen Flächen ausgestattet werden. Diese Verteilung erfolgt zum Zwecke der Ermittelung des wirklichen Vorrates und Zuwachses. Der jährliche Hiebssatz an Abtriebsnutzungen wird wie bei den Normalvorratsmethoden aus dem Verhältnis zwischen Vorrat und Zuwachs berechnet [69]).

Das nächste Ziel des Verfahrens ist zwar in der Regel die Herstellung des Normalvorrates, allein es kann auch ein bedeutender Zuwachsmangel am alten Vorrate zur schnelleren Herstellung des Normalzuwachses einen rascheren Gang der Verjüngung erfordern, selbst wenn dadurch die Herstellung des Normalvorrates verzögert oder dieser, wenn er zufällig vorhanden wäre, gestört wird.

---

65) Hierher gehört z. B. das für die königl. preussischen Staatsforsten übliche Verfahren.

66) Auhagen in „Verhandlungen des Harzer Forstvereins". 1864. S. 15.

67) Zu vergl. v. Stockhausen, „Beiträge zur Forst-, Jagd- und Fischerei-Statistik des Grossherzogtums Hessen". 1859. S. 27.

68) In besonders eingehender Weise geschildert von Grebe: „Die Betriebs- und Ertragsregulierung der Forsten". 2. Aufl. 1879. S. 240 flg.

69) Carl Heyer, „Die Waldertrags-Regelung". 1841. — 2. und 3. Aufl. herausgegeben von Gustav Heyer. 1862 und 1883.

Heyer geht von folgenden Hauptgesichtspunkten aus:

Ist eine Betriebsklasse im Normalzustande, dann lässt sich der dem jährlichen Haubarkeits-Durchschnittszuwachse gleiche, normale Hiebssatz so lange fortnutzen, als keine der drei Grundbedingungen des Normalzustandes gestört wird.

Sind Normalvorrat und normaler Zuwachs vorhanden, aber das Altersklassenverhältnis abnorm, so stellt sich die Normalität des letzteren von selbst her, wenn man den normalen Zuwachs jährlich oder periodisch nutzt und zugleich für Verjüngung der abgetriebenen Bestände sorgt.

Ist der wirkliche Zuwachs kleiner als der normale (äusserst selten kann der umgekehrte Fall vorkommen), so kann auch bei Normalität des Vorrates nur der wirkliche, nicht der normale Zuwachs genutzt werden.

Bei Abnormität des Vorrates ist dieser dadurch auf den normalen Stand zu bringen, dass man entweder spart, wenn er zu klein, oder mehr nutzt als den wirklichen Zuwachs, wenn er zu gross ist.

Der Ausgleichungszeitraum, d. h. der Zeitraum, binnen welchem ein abnormer Vorrat auf seinen normalen Stand gebracht werden soll, lässt sich nur unter Berücksichtigung der gerade vorliegenden Waldverhältnisse bestimmen, er entwickelt sich aus einem allgemeinen Wirtschaftsplane, der den Anforderungen des Waldbesitzers möglichst Rechnung trägt; er muss, wenn $V_w < V_n$ mindestens so gross sein, dass die Summe des gesamten wirklichen Zuwachses während der Ausgleichungszeit gleich der Differenz zwischen V_w und V_n ist; in diesem Falle würde der jährliche Hiebssatz gleich Null.

Bezeichnen wir den Ausgleichungszeitraum mit a, so lautet die Formel des Hiebssatzes

$$e = \frac{V_w + Z_w \cdot a - V_n}{a}.$$

Sämtliche Grössen sind wie bei der Kameraltaxe mit Hilfe des Haubarkeits-Durchschnittszuwachses zu berechnen. Es wird also der jetzt jüngere Bestand nur als eine Anweisung auf seinen einstigen Haubarkeitsertrag betrachtet.

Der wirkliche Haubarkeits-Durchschnittszuwachs Z_w ist eine veränderliche Grösse. Bei allmählicher Verbesserung desselben wird die Anwendung der obigen Formel des Hiebssatzes einen Vorratsmangel etwas früher, einen Vorratsüberschuss etwas später ausgleichen, als der gewählte Ausgleichungszeitraum besagt. Dieser Veränderlichkeit von Z_w lässt sich dadurch Rechnung tragen, dass man Z_w nicht lediglich nach seinem augenblicklichen Zustande berechnet, sondern unter $Z_w \cdot a$ die Summe jenes während des Zeitraumes a erfolgenden Zuwachses versteht, welcher sich unter Beachtung aller Veränderungen desselben während der a Jahre ergibt. Bezeichnen wir diese Summe mit Z_{ws}, so lautet die Formel des Hiebssatzes

$$e = \frac{V_w + Z_{ws} - V_n}{a}.$$

V_n wird durch die Formel $\frac{uZ}{2}$ gefunden, in welcher Z den normalen Haubarkeits-Durchschnittszuwachs der Betriebsklasse bedeutet [70]).

Z_w lässt sich nun aber richtig durchaus nicht anders bestimmen, als durch Aufstellung eines speziellen Hauungsplanes für den ganzen Umtrieb oder Einrichtungs-

70) G. Heyer weist übrigens auf die gegen diese Rechnung geltend zu machenden Bedenken hin und regt die Frage an, ob man zur Berechnung von V_n nicht lieber ebenso Z_w anwenden solle, wie für die Berechnung von V_w. — „Waldertrags-Regelung". 3. Aufl. S. 217.

zeitraum, denn diese Grösse hängt für jeden einzelnen Bestand von dem Alter ab, in welchem derselbe wirklich zum Abtriebe gelangt, aber nicht von dem für die ganze Betriebsklasse angenommenen Umtriebe.

Hierdurch erwächst die Notwendigkeit der Aufstellung eines solchen Hauungsplanes, wenn man sich nicht mit einer mit Hilfe des Umtriebes berechneten, durchschnittlichen Grösse für Z_w begnügen will, wie es die Kameraltaxe tut. Dadurch würde aber das Resultat der Rechnung unrichtig[71]).

Das Verfahren bei der Berechnung des Hiebssatzes der Abtriebsnutzungen ist folgendes.

Nach der Standortsbonität erfolgt für den gewählten Umtrieb, meist wohl den des höchsten Massenertrages (§ 13), die Berechnung des normalen Haubarkeits-Durchschnittszuwachses und aus diesem nach der Formel $\frac{uZ}{2}$ die des Normalvorrates.

Zur Berechnung des wirklichen Haubarkeits-Durchschnittszuwachses und des wirklichen Vorrates werden sämtliche Bestände nach Art des Flächenfachwerkes an die verschiedenen Perioden des Umtriebes verteilt. Unter Umständen auch für die erste, beziehentlich zweite Periode des zweiten Umtriebes. Nur auf diese Weise lässt sich das wahrscheinliche Abtriebsalter jedes einzelnen Bestandes und mit Hilfe desselben sein wirklicher Durchschnittszuwachs berechnen. Die Bestimmung des Abtriebsalters erfolgt so, dass man annimmt, jeder Bestand werde in der Mitte seiner Periode abgetrieben.

Z_{ws} wird gefunden, indem man den jährlichen Durchschnittszuwachs jedes einzelnen Bestandes, welcher während des Ausgleichungszeitraumes nicht zum Abtriebe gelangt, mit der Anzahl der Jahre dieses Zeitraumes multipliziert. Für jene Bestände, welche während des Ausgleichungszeitraumes genutzt werden, ist eine doppelte Rechnung nötig. Einmal wird ihr jährlicher Durchschnittszuwachs mit Hilfe des wirklichen Abtriebsalters bis auf die Mitte ihrer Periode berechnet, dann aber für den neu begründeten Bestand mit Hilfe des Umtriebes, das heisst mit Hilfe des normalen Abtriebsalters, um die Flächenverteilung nicht auch für den zweiten Umtrieb ausführen zu müssen. Der für den Ausgleichungszeitraum zu berechnende Zuwachs setzt sich für diese Bestandsflächen aus zwei Grössen zusammen. Die Summe der Zuwachsgrössen sämtlicher Bestandsflächen ist $= Z_{ws}$.

Der wirkliche Vorrat V_w wird in der Weise gefunden, dass man den wirklichen Haubarkeits-Durchschnittszuwachs jedes zur Zeit der Aufstellung des Planes vorhandenen Bestandes mit dessen gegenwärtigem Alter multipliziert.

Die so gefundenen Elemente ermöglichen die Berechnung des jährlichen, sowie die des für den ganzen Ausgleichungszeitraum geltenden summarischen Hiebssatzes. Bezeichnen wir letztern mit E_s, so ist

$$E_s = V_w + Z_{ws} - V_n.$$

Umfasst der Ausgleichungszeitraum beispielsweise 2 (gleiche) Perioden, so ist der periodische Hiebssatz $\frac{E_s}{2}$.

---

71) Deshalb haben wir Heyer's Verfahren nicht, wie es bisher stets geschah, zu den Normalvorratsmethoden gezählt, sondern betrachten es als eine Verbindung des Fachwerkes mit einer Vorratsmethode. Nach Hundeshagen, nach der Kameraltaxe kann man einen Hiebssatz ohne jeden Hauungsplan berechnen, wenn man dies auch nicht tun muss, nach Heyer kann man es aber überhaupt nicht. Wir haben deshalb auch das Verfahren nicht als das Carl Heyer's bezeichnet, obgleich es dieser begründet hat, sondern als das Heyer's, weil gerade in der hier besprochenen Richtung eine vollständige Klarstellung erst durch Gustav Heyer gebracht worden ist.

Hierauf erfolgt nach dem vorläufigen Verteilungsplane der Flächen der Ansatz der Massen für den Ausgleichungszeitraum oder für jede einzelne Periode desselben. Der so berechnete Hiebssatz wird wohl sehr selten gleich dem mit Hilfe der Formel gefundenen, sondern meist grösser oder kleiner sein. Um diese Gleichheit wenigstens annähernd zu erreichen, muss die zuerst vorgenommene Verteilung der Bestandsflächen geändert, das heisst es müssen Verschiebungen aus der einen Periode in die andere vorgenommen werden.

Durch diese Verschiebungen ändern sich aber wieder die Grössen des wirklichen Vorrates und des während der Ausgleichungszeit zu erwartenden wirklichen Zuwachses. Der summarische Hiebssatz E_s ist daher neu zu berechnen. Findet dann noch keine genügende Uebereinstimmung zwischen E_s und dem aus der zweiten Verteilung der Bestände statt, so muss diese durch abermalige Verschiebungen tunlichst hergestellt werden.

Bei der Verteilung der einzelnen Bestände ist darauf zu achten, dass dieselben bereits während der ersten Umtriebszeit möglichst im Alter ihrer vorteilhaftesten Haubarkeit genutzt werden, dass aber auch die periodischen Schlagflächen nicht zu sehr von den normalen abweichen, weil sich sonst in der zweiten Umtriebszeit Zuwachsverluste ergeben würden. Ausserdem wäre noch, um dem jährlichen Nachhaltstriebe einigermassen Rechnung zu tragen, eine gewisse Gleichmässigkeit der periodischen Hiebssätze herzustellen, doch steht diese Forderung in zweiter Linie [72]).

Beispiel. Der Kürze wegen sei das zur Erläuterung des Massenfachwerkes (§ 110) gegebene Beispiel mit dem Unterschiede gewählt, dass wir für die beiden Bestände a und b die 3. bis 4. Standortsbonität mit einem dem 80jährigen Umtriebe entsprechenden Haubarkeits-Durchschnittszuwachse von 8 fm annehmen, während c der 3. Standortsbonität angehört. Die drei Bestände selbst, nämlich a) 60jährig 15 ha, b) 30jährig 35 ha und c) 10jährig 10 ha entsprechen dem Durchschnittszuwachs der 3. Bonität (§ 5).

Der normale Haubarkeits-Durchschnittszuwachs beträgt für den 80jährigen Umtrieb

$$50 \,.\, 8 + 10 \,.\, 7 = 470 \text{ fm},$$

$$\text{daher } V_n = 470 \,.\, \frac{80}{2} = 18800 \text{ fm}.$$

Zur Ausgleichung der Differenz $V_w - V_n$ wird ein die beiden ersten Perioden umfassender Zeitraum von 40 Jahren gewählt.

Z_w und V_w berechnen sich aus nachstehender Tabelle, in welcher vorläufig sämtliche Bestände mit annähernd gleichen Flächen an vier, 20 Jahre umfassende Perioden verteilt sind.

Bezeichnung	Fläche	Holzart	gegenwärtiges Alter	Standortsgüte	Bestandsgüte	Perioden zu 20 Jahren				Mutmassliches Abtriebsalter	Haubarkeits-Durchschnittszuwachs	Z_{ws} für die ersten zwei Perioden	Wirklicher Vorrat
						I.	II.	III.	IV.				
	ha		Jahr			ha				Jahr		fm	
a	15	Fi.	60	3/4	3	15	—	—	—	70	6,9	1035	6210
											8,0	3600	
b	35	„	30	3/4	3	—	16	—	—	60	6,6	3168	3168
											8,0	1280	
						—	—	15	—	80	7,0	4200	3150
						—	—	—	4	100	6,7	1072	804
c	10	„	10	3	3	—	—	—	10	80	7,0	2800	700
Summe	60	—	—	—	—	15	16	15	14	—	—	17 155	14 032

72) Heyer, „Die Waldertrags-Regelung". 3. Aufl. 1883. S. 233. 234.

Der Hiebssatz für den ganzen Ausgleichungszeitraum $E_s = V_w + Z_{ws} - V_n$ beträgt sonach $E_s = 14032 + 17155 - 18800 = 12387$ fm.

Für jede der beiden ersten Perioden ist der Hiebssatz $\frac{12387}{2} = 6193$ fm.

Die tabellarische Verteilung ergibt jedoch

für die I. Periode $15 . 70 . 6{,}9 = 7245$ fm,
„ „ II. „ $16 . 60 . 6{,}6 = 6336$ „ ,

für beide Perioden also zu viel.

In der I. Periode sind zu viel angesetzt $7245 - 6193 = 1052$ fm. Es müssen sonach mindestens 2 ha weniger zum Hiebe gestellt werden, welche dann der II. Periode zufallen.

Berichtigter Hiebssatz der I. Periode $13 . 70 . 6{,}9 = 6279$ fm. Von diesem Hiebssatze sind durchschnittlich $\frac{17155}{2} = 8577$ fm auf den Zuwachs, und als Ersparung, also negativ 2298 fm auf den Vorratsmangel zu rechnen.

Da nun in der I. Periode 2298 fm erspart worden sind, beträgt der von der ganzen Differenz $V_w - V_n$ auf die II. Periode entfallende Anteil $4768 - 2298 = 2470$ fm, und dürfte der Hiebssatz für die II. Periode nur $8577 - 2470 = 6107$ fm betragen.

Es können daher in der II. Periode nur zum Abtriebe gelangen:

Fläche		Abtriebsalter	Durchschnittszuwachs		Ertrag
von a	2	90	6,9	=	1242
„ b	12	60	6,6	=	4752
Summe	14 ha				5994 fm.

Hierdurch verschiebt sich die erste Verteilung der Bestände, und ändern sich die Grössen Z_{ws} und V_w wie folgt:

Bezeichnung	Fläche	Holzart	gegenwärtiges Alter	Standortsgüte	Bestandsgüte	Perioden zu 20 Jahren I.	II.	III.	IV.	Mutmassliches Abtriebsalter	Haubarkeits-Durchschnitts-zuwachs	Z_{ws} für die ersten zwei Perioden	Wirklicher Vorrat
	ha		Jahr			ha				Jahr	fm		
a	15	Fi.	60	3/4	3	13	—	—	—	70	6,9	897	5382
											8,0	3120	
						—	2	—	—	90	6,9	414	828
											8,0	160	
b	35	„	30	3/4	3	—	12	—	—	60	6,6	2376	2376
											8,0	960	
						—	—	17	—	80	7,0	4760	3570
						—	—	—	6	100	6,7	1608	1206
c	10	„	10	3	3	—	—	—	10	80	7,0	2800	700
Summe	60	—	—	—	—	13	14	17	16	—	—	17 095	14 062

Der Hiebssatz für den ganzen Ausgleichungszeitraum beträgt hiernach

$$14062 + 17095 - 18800 = 12357 \text{ fm.}$$

Auf jede der beiden ersten Perioden entfallen $\frac{12357}{2} = 6178$ fm.

Da nun nach der zweiten Verteilung der Hiebssatz für die I. Periode 6279, für die II. Periode 5994, für beide Perioden zusammen 12273, im Ganzen also nur 84 fm zu wenig beträgt, ist von weiteren Verschiebungen abzusehen.

Die durch die Bestandesverschiebungen erfolgten Aenderungen von Z_{ws} und V_w sind im gegebenen kleinen Beispiel zufällig sehr unbedeutend. Dasselbe verdeutlicht aber immerhin den Gang der Rechnung [73].

---

73) Ausführlichere Rechnungsbeispiele sind zu finden in: Heyer, „Die Waldertrags-

Aus letzterer geht übrigens ohne weiteres hervor, dass nach 40 Jahren der Hiebssatz wesentlich steigen muss. Es ist dies auch ganz richtig, da bis dahin die Differenz zwischen V_w und V_n fast ganz ausgeglichen ist. Wollte man einen solchen Sprung vermeiden, so müsste ein längerer Ausgleichungszeitraum gewählt werden.

Heyer's Verfahren hat einen bedeutenden historischen Wert, denn es ist kaum ein anderes mit so logischer Konsequenz durchgeführt worden. Für die praktische Anwendung können wir ihm jedoch keinen grossen Wert zusprechen. Erstens legt diese Methode zu viel Gewicht auf die Herstellung des Normalvorrates, dagegen zu wenig auf die Herstellung des normalen Altersklassenverhältnisses in Grösse und Verteilung. — Zweitens ist die ganze Rechnung mit dem Haubarkeits-Durchschnittszuwachs doch eine sehr bedenkliche, schon aus dem einfachen Grunde, weil sie bei tatsächlich vorkommenden abnormen Abtriebsaltern den Vergleich der wirklichen Nutzung mit dem berechneten Hiebssatze streng genommen unmöglich macht. Mit den bescheidensten Anforderungen der Finanzwirtschaft will sich solche Rechnung nach dem Durchschnittszuwachs natürlich nicht vertragen. — Drittens hat die mehrfach erwähnte Formel des Hiebssatzes eigentlich nicht viel mehr als einen akademischen Zweck, denn ebensogut wie man lediglich nach gutachtlichem Ermessen die Grösse des auf das Resultat der Rechnung höchst einflussreichen Ausgleichungszeitraumes bestimmen muss, kann man nach gleichem Ermessen, wenn einmal ein Hiebsplan für die ganze Umtriebszeit aufgestellt worden ist, bestimmen, welche Bestände und welche Massen in den ersten Perioden zum Hiebe kommen sollen. Es ist dies um so leichter möglich, als Heyer mit Recht auch die Abhaltung 10jähriger Revisionen fordert.

Anmerkung. Eine Verbindung von Normalvorrats- mit Fachwerksmethoden ist ferner das von Karl im Jahre 1851 [74]) veröffentlichte Verfahren, welches eine modifizierte Normalvorrats-Methode mit einer Art Massenfachwerk verbindet. Dieses Verfahren ist indessen so schwerfällig und unsicher, dass wir hier auf eine besondere Schilderung desselben wohl Verzicht leisten können.

Auch das Verfahren für die österreichischen Reichsforste nach der Instruktion von 1878 wurde von Judeich als eine solche Verbindung geschildert. Wir verweisen hier auf die geschichtliche Entwickelung dieses Verfahrens im VIII. (letzten) Abschnitt unserer Abhandlung.

c) Altersklassenmethoden.

§ 116. Die Altersklassenmethoden regeln die Abtriebsnutzung eines Waldes oder einer Betriebsklasse durch eine Vergleichung des wirklichen mit dem normalen Altersklassenverhältnis, aus welcher auf Grund allgemeiner Erwägungen die Grösse des Jahresschlages folgt, ohne dass es notwendig wäre, die Nutzung nach Fläche oder Masse auf bestimmte Perioden einer Umtriebs- oder Einrichtungszeit zu verteilen.

Hierher gehört das in den §§ 78 bis 87 geschilderte Verfahren der Bestandswirtschaft, wenn dasselbe auch unter Umständen die Formel einer Normalvorratsmethode als Regulator bei der Bestimmung des Hiebssatzes benutzen kann. Man könnte dieses Verfahren allenfalls zu dem kombinierten Fachwerke zählen, wie es G. Heyer [75]) getan hat, es fehlt ihm aber die nach unserer Ansicht für alle Fachwerksmethoden charakteristische Verteilung der Hiebsflächen oder Massen an die Perioden des Umtriebes oder Einrichtungszeitraumes.

In der Praxis finden vielleicht hier und da schon seit längerer Zeit Methoden der Ertragsbestimmung Anwendung, welche zwar aus älteren Fachwerksmethoden ent-

---

Regelung". 3. Aufl. 1883. S. 227 bis 248. — Judeich, „Die Forsteinrichtung". 5. Aufl. 1893. S. 381 bis 393.

74) H. Karl, „Die Forstbetriebs-Regulierung nach der Fachwerks-Methode". 1851.

75) „Die Waldertrags-Regelung". 3. Aufl. 1883. S. 309.

standen, jedoch mehr oder weniger bestimmt hierher zu rechnen sind, über die aber die bekannte Literatur näheres nicht berichtet. Dies ist der Fall bezüglich des im Königreich Sachsen seit etwa der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts üblichen Verfahrens [76]). Da dasselbe sich nur ganz allmählich im Laufe der Zeit aus einem bis in die 1840er Jahre angewendeten kombinierten Fachwerke praktisch entwickelte, ohne durch eine besondere Instruktion in das Leben gerufen worden zu sein, lässt sich ein bestimmtes Jahr seiner Entstehung nicht nachweisen. Tatsächlich hat man aber daselbst den leitenden Grundgedanken des Fachwerkes zu jener Zeit aufgegeben, als man auf die Verteilung der Nutzung nach Fläche oder Masse an die Perioden (Fächer) des Umtriebes oder Einrichtungszeitraumes Verzicht leistete und die Sicherung der regelmässigen Nachhaltigkeit des Hiebssatzes in dem Streben nach normaler Gestaltung des Altersklassenverhältnisses suchte und fand [77]).

Auch das neueste Verfahren für die österreichischen Reichsforste vom Jahre 1901 (siehe Abschnitt VIII) ist im wesentlichen eine Altersklassenmethode. Die Altersklassenmethoden rechnen wir deshalb unserer Einteilung gemäss zu den kombinierten Methoden, weil die Gestaltung des Altersklassenverhältnisses zwar ziffermässig nur durch die Fläche ausgedrückt wird, jedoch an und für sich schon die Grösse des Vorrates bedingt, soweit dieser überhaupt von dem Alter der Bestände abhängig ist.

D. Die Werteinheits-Methoden.

Diese berechnen auf verschiedene Weise den jährlichen Hiebssatz nicht nach Fläche oder Masse, sondern nach möglichst gleichen Werteinheiten.

§ 117. Gustav Wagener's Verfahren. Das Hauptziel der Ertragsregelung wird in der Erreichung des höchsten Unternehmergewinns gesucht. Wagener teilt den Wald in Betriebsklassen, letztere nur im Fichtenwald auch in Hiebszüge. Für jede Betriebsklasse werden verschiedene Bewirtschaftungsarten berechnet. Alle Ertragsrechnungen sind in „Wertmetern“ auszuführen. Der Wertmassstab ist ein örtlich verschiedener, und gilt die Regel, dass diejenige Holzsorte, welche den Wertertrag im letzten Jahrzehnt in erster Reihe geliefert hat, dazu zu wählen ist. Bei vorwiegender Buchenbrennholzwirtschaft wird man z. B. das Raummeter Buchenscheitholz, bei Fichtenwirtschaft das Festmeter Bauholz von etwa 20 bis 30 cm mittlerer Stärke etc. als Wertmassstab benutzen können. Man berechnet den Anfangswert der in Wertmetern ausgedrückten Waldrente der jetzigen Bewirtschaftung für die Einrichtungszeit, addiert hierzu den Jetztwert der nach Schluss der Einrichtungszeit beginnenden ewigen Waldrente für die erstrebte Umtriebszeit. Die gefundene Summe ist gleich dem „Walderwartungswert“, aus welchem mit Hilfe des der Rechnung unterstellten Zinsfusses der Jahresertrag ermittelt wird. Die Unterstellung verschiedener Bewirtschaftungsarten, verschiedener Umtriebe und Zinsfüsse ergibt verschiedene Jahreserträge, in deren Differenzen sich der jährliche Unternehmergewinn ausspricht. Hat man die einträglichste Benutzung der jetzt vorhandenen Bestockung ermittelt, so sind Abänderungen im Hinblick auf die konkreten Erträge der normalen Altersklassen u. s. w. noch möglich. Der Stand der Altersklassen ist jedenfalls für die Zeit nach Ablauf der ersten Umtriebszeit nachzuweisen, in der Regel speziell nach der Verteilung der Flächen der

76) Judeich, „Beitrag zur Kenntnis der im Königreich Sachsen üblichen Methode der Waldertragsregelung“. Suppl. d. A. F. u. J.Z. 3. Bd. 1861. S. 29 flg. u. A. F. u. J.Z. 1861. S. 343 flg.; ferner zu vergl. dessen „Forsteinrichtung“. 5. Aufl. 1893. S. 408 flg.

77) Der erste der z. B. für das Tharandter Revier aufgestellten Wirtschaftspläne, welcher der alten Periodeneinteilung keine Berücksichtigung mehr schenkt, ist der vom Jahre 1848.

Bonitätsklassen auf die Altersklassen der Zukunft. Wenn dabei nicht ganz auffallende und absolut unzulässige Ungleichheiten erscheinen, so wird die Ausgleichung des Flächenstandes durch anderweite Verteilung der Werterträge unterlassen. Für das nächste Jahrzehnt ist ein spezieller Wirtschaftsplan aufzustellen, welcher sich ebenfalls nur auf Wertmeter, nicht auf Massenerträge bezieht. Periodische, mindestens zehnjährige Revisionen sind vorgeschrieben.

Bezüglich einer weitergehenden Darstellung des nicht leicht verständlichen Verfahrens, das sich nicht von allen zu künstlichen, zu weit getriebenen und praktisch wirklich unmöglichen Zukunftsrechnungen freihält, ist auf Wageners Buch [78]) sowie auf Judeichs ausführliche Besprechung desselben im Tharander Jahrbuche [79]) zu verweisen.

Anmerkung. Bezüglich anderer Werteinheits-Methoden, wie der von Schiffel [80]) und von Räss [81]) darf man wohl behaupten, dass sie nur als wissenschaftlich berechtigte Versuche anzusehen sind, die aber kaum je eine praktische Bedeutung erlangen werden.

VII. Die jetzigen Forsteinrichtungsverfahren der grösseren Staaten Deutschlands.

(In der 2. Auflage neu hinzugetreten.)

§ 118. Königreich Preussen [82]). Vor Beginn der Betriebsregulierung und Abschätzung eines Reviers treten der Oberforstmeister, Forstrat und Oberförster, tunlichst unter der Leitung eines Ministerialkommissars (Landforstmeisters), zu einer Beratung zusammen, in der über die fortan zu Grunde zu legenden allgemeinen Bestimmungen und das spezielle Verfahren verhandelt wird. Die hierbei gefassten Beschlüsse werden in einer dem Minister zur Genehmigung einzureichenden Einleitungs-Verhandlung niedergelegt. Dieselbe muss sich auch über die Einteilung des Reviers in Blöcke und Wirtschaftsfiguren und über die Hiebsleitung und Bestandsordnung aussprechen. Für die Zerlegung in Blöcke werden in Betracht gezogen: die Befriedigung des Holzbedarfs verschiedener Gegenden, Servitute oder Holzabgaben, die Betriebsarten, die Verschiedenheit der Holzarten und Bodenklassen. Ergibt sich hiernach eine Sonderung in Blöcke nicht, so ist nur die Einteilung der Oberförsterei in Forstschutzbezirke die Veranlassung zur Zerlegung des Reviers in Blöcke, deren Grenzen also mit denen der Forstschutzbezirke zusammenfallen.

Für diese letztgenannte Blockbildung wird die grössere Uebersichtlichkeit des Betriebes und die annähernd gleichmässige Verteilung der Schläge und Kulturen auf die einzelnen Bezirke geltend gemacht. Sind die Boden- und Betriebsverhältnisse in einem Block annähernd gleichartig, so wird für ihn eine allgemeine Umtriebszeit festgesetzt. Zu einer zweckmässigen Bestandsordnung fordert man eine weitere Teilung der Blöcke und Wirtschaftsfiguren, „d. h. festbegrenzte Flächen, deren vorhandene oder noch zu erziehende Bestände dazu bestimmt sind, die einheitlichen, in sich mög-

---

78) G. Wagener, „Anleitung zur Regelung des Forstbetriebs nach Massgabe der nachhaltig erreichbaren Rentabilität und im Hinblick auf die zeitgemässe Fortbildung der forstlichen Praxis". Berlin 1875.

79) Tharander f. J. 27. Band. 1877. S. 265 flg.

80) Schiffel, „Zur forstlichen Ertragsregelung". Görz 1884.

81) Räss, „Die Waldertragsregelung gleichmässigster Nachhaltigkeit etc." Frankfurt a. M. 1890.

82) Die Schilderung des in Preussen gebräuchlichen „kombinierten Fachwerks" ist erfolgt auf Grund des Buches: Die forstlichen Verhältnisse Preussens von v. Hagen, 3. Aufl. von Donner. 1894. 1. Band. S. 196 u. flg.

lichst gleichartigen, soweit tunlich daher auch gleichaltrigen Glieder der Bestandsgruppierung zu bilden.“ Werden die Wirtschaftsfiguren mehr durch künstliche, grade verlaufende Linien gebildet, so nennt man sie „Jagen“, sind sie vorwiegend durch natürliche Unterschiede des Geländes, durch Wasserläufe, feste Wege etc. in unregelmässigerer Form begrenzt, so heissen sie „Distrikte“. Die Grösse der Wirtschaftsfiguren schwankt im Hochwalde nach der herrschenden Holzart und nach der Blockgrösse. Im Buchenhochwalde nimmt man ungern mehr als 30 ha, im grösseren Kiefernwald hält man sich an etwa 25 ha und bei Fichten und kleineren Forstkörpern geht man weiter herab. Für die Bildung der Wirtschaftsfiguren sind die dauernden Verhältnisse des Geländes, des Bodens und der Form der Waldkörper, die zukünftige Bestandsabgrenzung, bleibende Wege und Gräben massgebend, während die gegenwärtigen vorübergehenden Bestandesverhältnisse unbeachtet bleiben.

Die Schlageinteilung im Mittel- und Niederwald ist meist nur eine geometrische, da selten ganze Forstreviere daraus bestehen. Hierbei sind die Jahresschläge nicht immer in der Oertlichkeit abgegrenzt; man erachtet die Einteilung in Distrikte oder Jagen öfters als ausreichend.

„Die in einer Wirtschaftsfigur bezw. einem Schlage vorhandenen Bestände werden, wenn sie in einzelnen grösseren Teilen nach Alter, Boden oder Bestandsbeschaffenheit wesentlich verschieden sind, in Bestandsabteilungen zerlegt.“ Verschiedenheiten auf kleineren Flächen bleiben hierbei unberücksichtigt und werden nur in der speziellen Bestandsbeschreibung erwähnt. Es wird dahin gestrebt, innerhalb einer Wirtschaftsfigur die Altersverschiedenheit der vorhandenen Bestandesabteilungen dadurch zu beseitigen, dass die Bestände oder Abteilungen in einer und derselben oder wenigstens in zwei nahe aneinander liegenden Perioden zum Abtrieb und zur Verjüngung gelangen. Es werden ferner angemessene, nicht zu grosse Schlagtouren (Hiebszüge) bei der Periodenzuweisung und ein entsprechender Schlagwechsel in's Auge gefasst. Weiter soll eine sachgemässe Hiebsfolge oder Aneinanderreihung der Altersklassen womöglich mit 20jährigen Zwischenräumen unter Beachtung der Wetter- und Windseite hergestellt werden. Endlich soll ein normales Altersklassenverhältnis erstrebt werden, das der allgemeinen Umtriebszeit jedes Blockes entspricht, der verschiedenen Nutzbarkeit der einzelnen Holzarten angepasst ist und auch noch bei derselben Holzart eine annähernd gleichmässige Verteilung auf die verschiedenen Bodenklassen beachtet. Diese Ziele soll der Betriebsplan des ersten Umtriebes tunlichst verfolgen, ohne dass aber unverhältnismässige Opfer gebracht werden. Vorzugsweise hat dieser Betriebsplan die Nachhaltigkeit und Gleichmässigkeit des periodischen Holzertrags in Menge und Beschaffenheit sicher zu stellen. Man soll daher „die einzelnen 20jährigen Perioden der Berechnungszeit mit Bestandsflächen bezw. mit Holzmassen annähernd gleich und womöglich so ausstatten, dass die späteren Perioden in Flächen und Erträgen zur Herstellung einer Reserve etwas ansteigen.“ Die zum Hiebe in der ersten Periode zu bestimmenden Bestände sind sorgfältig auszuwählen. Die Ausführung der Betriebseinrichtungs- und Abschätzungsarbeiten bewirkt, unter Leitung des Forstrates und Oberforstmeisters, der Oberförster bez. der zum Taxator bestimmte Forstassessor. Der Taxator hat sich ein Urteil zu bilden über die fernerhin zweckmässigste Bewirtschaftung jeder Abteilung, namentlich deren angemessenste Abtriebsperiode, über die Kulturbedürftigkeit und die in den nächsten 20 Jahren zu erwartenden Vornutzungen an Derbholz.

Nachdem die Verteilung der Abtriebsflächen auf die Perioden der Berechnungszeit projektiert ist, wird mit der Ertragsberechnung vorgegangen. „Sind die Bestandsverhältnisse sehr ungleichmässig und verschiedenartig, die einzelnen Bestände sehr

ungleichaltrig und bei gleicher Bodenbeschaffenheit von sehr verschiedenem Ertrage, bedarf es in den nächsten Perioden, namentlich in den ersten, vielfacher Aushiebe aus erst in den späteren Perioden zum Abtriebe gelangenden Beständen, so wird als sehr seltene Ausnahme die Ertragsberechnung, welche sich immer nur auf das Derbholz beschränkt, für mehrere oder alle Perioden der Berechnungszeit durchgeführt. Stellen sich danach die Erträge der einzelnen Perioden sehr ungleich, und sind nicht überwiegende Gründe für Gestattung ungleicher periodischer Erträge vorhanden, so wird versucht, durch Verschiebung geeigneter Bestände aus einer Abtriebsperiode in die andere die Ungleichheit zu beseitigen, dabei aber die Gleichheit der periodischen Abtriebs-Flächen tunlichst zu erhalten. Es gilt im allgemeinen als Regel, den Materialertrag der ersten Periode an haubarem Holze so festzustellen, dass er den berechneten durchschnittlichen periodischen Materialertrag der Umtriebs- und bezw. Berechnungszeit annähernd erreicht, während über Ungleichheiten des Materialertrags der späteren Perioden leichter hinweggegangen wird. In bei weitem der Mehrzahl der Fälle beschränkt sich aber die Ertragsberechnung auf die erste Periode. Zum Nachweise der Nachhaltigkeit der für dieselbe ermittelten Abnutzung werden dann öfters die den einzelnen Perioden der Berechnungszeit zum Abtriebe überwiesenen Bestandsflächen nach ihrer durch die Bodengüte bedingten Ertragsfähigkeit auf eine der Ertragsfähigkeit der besten oder auch der im Reviere überwiegend vorkommenden Bodenklasse entsprechende Fläche reduziert. Ergiebt die Aufrechnung dieser reduzierten Flächen für die einzelnen Perioden sehr ungleichmässige Beträge, so wird gleichfalls durch Verschiebung geeigneter Flächen aus einer Periode in die andere, soweit tunlich, die gewünschte Gleichmässigkeit herbeigeführt und namentlich die reduzierte Abtriebsfläche der I. Periode der durchschnittlichen reduzierten Periodenfläche der Berechnungszeit möglichst gleichgestellt. Bei einigermassen gleichartiger Bodenbeschaffenheit ist von der Flächen-Reduktion ganz Abstand zu nehmen."

Bei der Ertragsrechnung werden Haupt- und Vornutzung streng gesondert. Die Ermittelung der haubaren Holzvorräte erfolgt durch Auskluppen und Feststellung der durchschnittlichen Baumhöhe unter Verwendung von Massentafeln. Für regelmässige, namentlich jüngere Bestände kommt eine nur auf Probeflächen beschränkte Massenermittelung in Betracht.

Den in jeder Abteilung vorgefundenen Holzvorräten ist der ermittelte Zuwachs bis zur Mitte der I. Periode hinzuzuschlagen. Bei ausnahmsweiser Ertragsberechnung für spätere Perioden werden gewöhnlich Erfahrungstafeln benutzt. Der für die I. Periode aufzustellende Durchforstungsplan gibt das Anhalten für die Mindestfläche. Der Materialertrag der I. Periode an Derbholz für die Hauptnutzung ergibt mit 20 dividiert den entsprechenden jährlichen Abnutzungssatz. Gleichermassen wird derjenige für die Vornutzung bestimmt; die Summierung beider ergibt den Gesamt-Abnutzungssatz. Dieser wird nach 4 Hauptholzarten: Eichen, Buchen (einschl. Hainbuchen, Rüstern etc.), andere Laubhölzer (Erlen, Birken, Weiden, Aspen) und Nadelholz getrennt. Das Stock- und Reiserholz wird nach dem Einschlage der letzten Jahre ermittelt. Für Mittel- und Niederwald wird die Ertragsberechnung auf den ersten Umtrieb des Schlagholzes beschränkt. Im Plenterwald wird der Abnutzungssatz in der Regel nach dem Haubarkeitsdurchschnittszuwachs bestimmt, mitunter auch nach dem beim Mittelwald gebräuchlichen Verfahren.

Von diesen allgemeinen Vorschriften finden bei dem neuerlichen Streben nach Vereinfachung zahlreiche Abweichungen statt, die sich aus den Erfahrungen bei den Taxationsrevisionen ergeben haben. Die äussere Form der letzteren tritt jetzt meist auch da ein, wo es sich um die Herstellung ganz neuer Betriebsregulierungswerke

handelt. „Die Bearbeitung liegt dann nicht den Lokalbeamten, sondern einem Taxations-Kommissar mit den nötigen Hilfsarbeitern unter unmittelbarer Leitung eines Ministerial-Kommissars ob, wobei aber zugleich dafür gesorgt ist, dass der Oberförster, der Forstrat und der Oberforstmeister von dem Fortschreiten der Arbeiten jederzeit Kenntnis zu nehmen im stande sind, damit abweichende Ansichten rechtzeitig zur Geltung gebracht und nach Umständen berücksichtigt werden können und nicht erst bei Aufnahme der Schlussverhandlung hervortreten.“ Dieses abgekürzte Verfahren ist vielfach in den neuen Provinzen (seit 1868) und auch für kleinere Gemeinde- pp. Waldungen angewendet worden. Auf Grund der Bodenklassentabelle und des Haubarkeitsdurchschnittszuwachses ermittelt man den Abnutzungssatz in abstracto, dann wählt man die Betriebsflächen für die nächsten 10 Jahre aus, wobei die normale Schlagfläche und das vorhandene Altersklassenverhältnis als Richtschnur dienen. „Die Holzmassenermittelung auf den Betriebsflächen pp. führte sodann zu dem wirklichen Abnutzungssatze, welcher in keinem Falle den Abnutzungssatz in abstracto erreichte.“ Man gründet die Nachhaltigkeit mehr auf die Flächenverteilung und hält die normale Durchschnittsfläche für die I. Periode fest. Nach Fertigstellung der speziellen Bestandsbeschreibung ist zunächst die Bestandskarte, die hinsichtlich der anzustrebenden Bestandsordnung als ein vortreffliches, oft unterschätztes Hilfsmittel bezeichnet wird, anzufertigen. Es werden in die I. Periode namentlich die zuwachsarmen und lückigen Orte eingereiht, ferner die Bestände, deren Abtrieb zur Herstellung der Bestandseinheit in derselben Wirtschaftsfigur und zur Bildung und Vorbereitung angemessener Hiebszüge dient. Dabei ist hauptsächlich die Zusammenlegung grosser gleichalteriger Nadelholzbestände zu vermeiden und deren Trennung zu beachten. Es soll jede Schablonenmässigkeit vermieden und der Gegenwart kein irgend namhaftes Opfer zu Gunsten einer ungewissen Zukunft zugemutet werden — da man die Unwahrscheinlichkeit der Einhaltung der Bestimmungen der Betriebspläne für längere Zeit eingesehen hat [83]).

§ 119. Königreich Bayern [84]). Für die Forsteinrichtung ist das Forstgesetz vom 28. März 1852 massgebend. Jedes Forsteinrichtungswerk bezieht sich auf ein gebildetes Wirtschaftsganzes (Komplex), wofür die Grundlagen eine besondere Kommission beschafft. Häufig fallen die Komplexe mit den Forstverwaltungsbezirken (den früheren Revieren) zusammen; zum Ausgleiche des Altersklassenverhältnisses werden aber auch mehrere Verwaltungsbezirke zu einem Wirtschaftsganzen vereinigt. Auch können wesentliche Verschiedenheiten zuweilen die Ausscheidung zweier Komplexe in einem Verwaltungsbezirke bedingen. Grössere Waldungen zerfallen zunächst in Distrikte d. s. selbständige, wirtschaftlich gleichartige Gebiete. Parzellen und Berechtigungsverhältnisse bedingen die Ausscheidung von Distrikten. „Für die Forsteinrichtung sind die Distrikte von keiner besonderen Wichtigkeit, dagegen um so mehr die Abteilungen. Unter diesen versteht man ständige Wirtschaftsfiguren, welche als Einheiten der Waldeinteilung zu betrachten sind und die Anhaltspunkte sowohl für die Forsteinrichtung als für den Wirtschaftsbetrieb bilden“. Die Abteilungen bezeichnet man als das „ständige Detail“ der Waldeinteilung; sie sollen innerhalb einer Periode verjüngt werden und sind event. in zwei kleinere Teile zu zerlegen. Im Nadelholz

83) Ganz ähnliche Erfahrungen bei den Taxationsrevisionen haben im Königreich Sachsen bereits vor mehr als 50 Jahren dazu geführt, das Fachwerk mit seinem Periodenrahmen aufzugeben.

84) Das in Bayern gebräuchliche Forsteinrichtungsverfahren beruht auf der kombinierten Fachwerksmethode und ist nach der von Professor Weber 1888 veröffentlichten Schrift: „Kurze Uebersicht über das bisherige Forsteinrichtungs-Verfahren in den k. bayer. Staatsforsten“ geschildert.

werden sie etwa 20—25 ha, im Laubholz selten unter 30, wohl aber häufig bis 50 und 60 ha gross gemacht. Begrenzt werden die Abteilungen durch möglichst zur Holzabfuhre benutzbare Schneisen oder durch natürliche Trennungsstreifen, wie Bäche, Schluchten, Bergrücken. „Ungleichartige Teile einer Abteilung, welche nur als vorübergehende Bestandsverschiedenheiten erscheinen, werden als Unterabteilungen oder Litern ausgeschieden, im Walde bezeichnet und vermessen; dieselben bilden das „unständige Detail“ der Waldeinteilung.“ Der bestockte Waldboden ist nach vier Altersklassen auszuscheiden, so dass jede Klasse ¼ der Umtriebszeit umfasst; also beträgt z. B. die Altersklasse bei 72jähr. Umtriebszeit 18 Jahre. Die im Massstabe von 1 : 20 000 dargestellten „Bestandsübersichts- oder Wirtschaftskarten“ sind eine wesentliche Beilage des Forsteinrichtungs-Operates.

„Um die Resultate der Ertragsermittelungen in den einzelnen Beständen und Unterabteilungen für die Etatsberechnung benutzen zu können und um die Ordnung der Nutzungen im Sinne der Nachhaltigkeit und entsprechend den Wirtschaftsregeln zeitlich und räumlich durchzuführen, stellt man die Flächen und Haubarkeitserträge in Form eines kombinierten Fachwerkes (in einer Periodentabelle) zusammen.“ Beim Hochwalde werden 24jährige (von 4 ehemaligen 6jährigen Finanzperioden), für den Mittel- und Niederwald 12jährige Perioden angewendet. Mit der längsten Umtriebszeit beginnend schliesst die Periodentabelle für jede Betriebsklasse ab. Die speziellen Ertragseinschätzungen für die Haubarkeitsergebnisse finden in der Regel nur für die ersten 3 Perioden statt. Für den „I. Zeitabschnitt“ — die Hälfte der I. Periode, mithin 12 Jahre — wird auch nur eine spezielle Einschätzung der Auszugshiebe, Durchforstungen und Reinigungen vorgenommen. Der tunlichst genau bestimmte Massenbetrag der Nachhiebshölzer wird bei den betreffenden Unterabteilungen unter „übrige Hauungen“ gebucht. Für die Einreihung der Bestandsunterabteilungen in die Periodentabelle werden folgende Regeln hervorgehoben: 1. „In der Regel wird jeder Holzbestand mit seinem Haubarkeitsertrage in jene Wirtschaftsperiode eingereiht, in welcher er auf Grund seines gegenwärtigen Durchschnittsalters die normale Haubarkeit (d. h. das Umtriebsalter) erreicht.“ 2. Zur Ausgleichung der Periodensummen können aber gut geschlossene, noch sehr wüchsige und namentlich nutzholztüchtige Bestände in die nächstfolgende Periode verschoben werden. 3. Umgekehrt können rückgängige, zuwachslose pp. Bestände in eine frühere Periode kommen. 4. „Wenn Bestandsverschiedenheiten ausgeglichen werden und einzelne kleine Unterabteilungen verschwinden sollen, so reiht man letztere in die gleiche Periode mit dem anstossenden grösseren Flächenteile ein, obgleich das spezielle Bestandsalter eine andere Einreihung erfordern würde.“ Die sogenannte Bestandeskonsolidierung soll indessen nicht mit wirtschaftlichen Opfern am Zuwachs erkauft und nicht schablonenmässig ausgeführt werden. 5. Zur Erhaltung einer regelmässigen Hiebsfolge müssen oft nicht bloss Unterabteilungen, sondern auch ganze Abteilungen in eine von der Regel abweichende Periode kommen. 6. Bei ungünstigem Altersklassenverhältnis müssen die Bestände oft anders als nach dem gegenwärtigen Alter eingereiht werden. 7. Gar nicht eingereiht werden unbestockte Flächen, Blössen, verdichtete Krüppelbestände, Filze und Möser mit Krüppelholz (Zwischennutzung!), sowie kleinere Holzbestände, die in den künftigen Umtrieb übergehen. 8. „Dagegen können doppelt eingereiht werden: a. Haubare Horste inmitten von Schlägen. b. Einzelne Nieder- und Mittelwaldpartien von kleiner Ausdehnung, die in Hochwaldkomplexen liegen und für eigene Betriebsklassen zu klein sind. c. Plenterwaldbestände werden mit ihren Haubarkeitserträgen in mehrere Perioden verteilt.“

Nach der wenigstens provisorischen Aufstellung der Periodentabelle wird mit der Berechnung der Haubarkeitserträge vorgegangen. Für die zwei älteren Altersklassen

liegen Probeflächen- und Bestandes-Aufnahmen vor. Durch Division mit dem Durchschnittsalter in die Masse pro ha wird der jährliche Durchschnittszuwachs pro ha gefunden, der bei nicht vollkommen wüchsigen Beständen eine entsprechende Ermässigung zu erfahren hat. Häufig schreibt man den Zuwachs in Bruchform an, wobei der Zähler den wirklichen, der Nenner den ermässigten Zuwachs bedeutet. Zur Bestimmung des Haubarkeitsertrags wird das spezielle Abtriebsalter für die Mitte der betreffenden Periode ermittelt, mithin das gegenwärtige Alter um 12, 36 etc. Jahre erhöht. Mit derselben Anzahl Jahre wird der (ermässigte) Zuwachs multipliziert und das Produkt zum Vorrat pro ha addiert, wodurch man den Haubarkeitsertrag pro ha erhält. Dieser letztere ist mit der Fläche der Unterabteilung zu multiplizieren, auf 10 Ster abzurunden und in das entsprechende Periodenfach neben der Fläche einzutragen. Für Bestände der III. und folgenden Perioden wird der Haubarkeitsertrag sehr oft nur durch vergleichsweise Einschätzung des Haubarkeitsdurchschnittszuwachses gewonnen. Mit Ausnahme der I. Periode können auch lokale Ertragstafeln Verwendung finden. Reserven, doppelt oder mehrfach eingereihte Flächen und Erträge (z. B. Niederwald), Bestände, die im I. Zeitabschnitt zum Angriff kommen sollen, werden besonders ersichtlich gemacht. „Die Summierung der Haubarkeitserträge für jede Betriebsklasse wird in der Regel mehr oder weniger erhebliche Abweichungen der einzelnen Periodenerträge zeigen, welche nach der Theorie durch nochmalige Verschiebungen und Rektifikation der Haubarkeitserträge nach dem neuen Abtriebsalter zu beseitigen wären." Ueber die späteren Perioden kann man hierbei leichter hinweggehen. Zur Ermittelung des Etats wird zunächst für jede Betriebsklasse eine Zusammenstellung der Resultate (Endsummen) aus der Altersklassen- und Periodentabelle angefertigt. Hieraus berechnet man für jede Betriebsklasse: den Durchschnitt oder das „Soll" jeder Altersklasse und Periode, die nachhaltige jährliche Flächenfraktion, die durchschnittlichen Haubarkeitserträge pro ha, die durchschnittlichen Abtriebsalter jeder Periode, den mittleren Haubarkeitsdurchschnittszuwachs jeder Periode, den Gesamtertrag innerhalb der Umtriebszeit, den normalen nachhaltigen Ertrag an Hauptnutzung, die Zwischennutzungsergebnisse der einzelnen Perioden. Durch Aufsummierung der Betriebsklassen lässt sich der Durchschnittsertrag für den Wirtschaftskomplex, getrennt nach Haupt- und Zwischennutzung, bestimmen. Der so berechnete normale nachhaltige Ertrag kann nur dann als Etat für den ersten Zeitabschnitt gelten, wenn der Wald sich im Normalzustande befindet und namentlich eine geregelte Altersabstufung vorhanden ist. Da diese Voraussetzungen selten erfüllt werden, so muss der Etat für den nächsten Zeitabschnitt durch bestimmte Erwägungen und wirtschaftliche Rücksichten beeinflusst werden. Hierbei kommen vor allem die Flächen der beiden ältesten Altersklassen, sowie die Erträge der I. und II. Periode in Betracht. Aus den in die I. Periode eingereihten Beständen erfolgt eine Auswahl für die nächsten 12 Jahre in dem „speziellen Wirtschaftsplan", der nach Massgabe der Periodentabelle auch die Nachhauungen, Auszugshauungen, Durchforstungen, Reinigungshiebe und event. Plenterhiebe mit ihrem Material angiebt. Zur Erweiterung des Spielraums und Wechsels in der Hiebsführung wird der spez. Wirtschaftsplan nicht bloss mit dem 12fachen sondern mindestens mit dem 15—18fachen Etat ausgestattet, wenngleich der jährliche Etat streng eingehalten werden soll. Der spezielle Wirtschaftsplan wird nicht für jede Betriebsklasse besonders, sondern für alle zusammen aufgestellt, um den Gesamtetat auf die Betriebsklassen repartieren zu können. Der Vortrag nach Betriebsklassen ist jedoch angeordnet. Die Waldstandsrevisionen finden in der Regel alle 12 Jahre statt [85]).

---

85) Nach einer brieflichen Notiz soll in der Bayerischen Ministerialforstabteilung an

§ 120. Königreich Sachsen. Das hier gebräuchliche Forsteinrichtungsverfahren hat sich allmählich aus dem Flächenfachwerk und kombinierten Fachwerk entwickelt. Da es den Verhältnissen der Einzelbestände oder Bestandsgruppen die eingehendste Beachtung schenkt, so bezeichnet man es mit Recht als ein Verfahren der Bestandswirtschaft oder der Bestandskomplexwirtschaft. Die letztere Bezeichnung ist die zutreffendere, so lange nicht eine seit langer Zeit bestehende regelmässige Wirtschaft den Bestand an die Stelle des Bestandskomplexes setzt. Bei diesem Verfahren treten volkswirtschaftlich begründete finanzielle Grundsätze in den Vordergrund. Zur Sicherung der Nachhaltigkeit wird die Abtriebsnutzung eines Waldes oder einer Betriebsklasse durch die Vergleichung des wirklichen mit dem normalen Altersklassenverhältnis geregelt und die Grösse des Jahresschlages auf Grund vieler in Betracht kommender Erwägungen festgestellt. Das Verfahren hat sich seit mehr als 50 Jahren von einer Verteilung der Nutzung nach Fläche oder Masse auf bestimmte Perioden einer Umtriebs- oder Einrichtungszeit freigemacht, weil erfahrungsmässig eine solche Verteilung ebenso umständlich wie zwecklos ist. Durch die Bildung vieler kleiner Hiebszüge wird die Wirtschaft tunlichst elastisch und beweglich gestaltet, dabei aber nie das Streben nach einer normalen Verteilung der Altersklassen aus dem Auge gelassen.

Die in den vorstehenden §§ 41 und flg. für eine Bestandswirtschaft niedergelegten Grundsätze und Regeln decken sich in allen wesentlichen Punkten mit dem sächsischen Verfahren für den schlagweisen Hochwaldbetrieb, weshalb hier der einfache Hinweis genügt. Namentlich sind in dieser Beziehung die §§ 78 bis 87 hervorzuheben.

§ 121. Königreich Württemberg[86]. Zur Fortbildung einer unterm 27. Mai 1878 erlassenen Forsteinrichtungsanweisung ist am 6. Juli 1898 eine Verfügung erlassen worden, welche die inzwischen gewonnenen Erfahrungen zu einer Ergänzung und Abänderung verwertet. „Gefallen ist die einheitliche Abteilung als Grundelement eines für die ganze Umtriebszeit aufzustellenden Flächeneinrichtungsplanes.“ Der bisher auf ganze Abteilungen gegründete, die ganze Umtriebszeit umfassende und alle Perioden mit gleicher Fläche ausstattende „Flächeneinrichtungsplan“ ist aufgegeben und dafür der unterabteilungsweisen Ermittelung des wirtschaftlichen Tatbestandes das Hauptaugenmerk zugewendet worden. „Zum Zwecke der Ertragsregelung ist sodann unterabteilungsweise die Hiebsfläche auszuscheiden, welche die Grundlage des periodischen Nutzungsplanes zu bilden hat. In der Regel wird es genügen, die Hiebsfläche für die I. (20jährige) Periode speziell auszuscheiden.“ Ausnahmsweise kann es wünschenswert sein, auch noch, ausser der I. Periode, die II. Periode mit ihrer unterabteilungsweise ausgeschiedenen Hiebsfläche in Betracht zu ziehen. Man hat sich vom Banne der Abteilung und des Periodenplanes freigemacht, selbst wenn dem letzteren zur weiteren Sicherung der Nachhaltigkeit ausnahmsweise eine gewisse Berechtigung zugestanden wird. Damit ist der Uebertritt aus dem Lager des kombinierten Fachwerks auf die Seite einer zeitgemässen Bestandswirtschaft gekennzeichnet. Durch die neuerdings zulässige Abstufung der Umtriebszeit von 10 zu 10 Jahren macht man die Wirtschaft beweglicher und beachtet man besser die wirkliche durchschnittliche Hiebsreife. Als Massstab für die Nutzungsfläche der I. Periode gilt der Betrag $\frac{F}{u} \times 20$, doch sind Abweichungen von dieser Normalfläche durch abnorme Ver-

---

einer neuen Forsteinrichtungs-Instruktion gearbeitet werden, die manche neuere Gesichtspunkte z. B. über Hiebszugbildung verwertet.

86) Die nachstehende Schilderung stützt sich auf eine Mitteilung von Lorey im Januarheft der „Allgemeinen Forst- und Jagdzeitung“ von 1899.

hältnisse, wie Mangel oder Ueberschuss an hiebsreifen Beständen, Vorhandensein umfassenderer zuwachsarmer oder sonst unvollkommener Bestände bedingt. Es soll die Summe der der I. Periode zugeteilten Bestände von selbst die effektive Abnutzungsfläche dieses Zeitraums darstellen, also mit dem wirklichen Gang der Wirtschaft übereinstimmen. Bei der Auswahl der einzelnen zu verjüngenden Bestände ist ausser ihrer Beschaffenheit auch eine gute Hiebsfolge und Bestandsordnung zu beachten. Vorbeugende Massregeln durch Loshiebe und die Bildung kurzer, möglichst selbständiger Hiebszüge in grösseren Nadelholzkomplexen sind nicht aus dem Auge zu lassen. Der Vorgang der Forsteinrichtung spielt sich also in der Weise ab, „dass, nachdem über Umtriebszeit, Betriebsart, Holzarten verfügt und der wirtschaftliche Tatbestand erhoben ist, dem ersten 20jährigen Einrichtungszeitraum nach den oben angedeuteten Grundsätzen seine Fläche an Unterabteilungen zugewiesen, und dann für das nächste Jahrzehnt die planmässige Hauptnutzung bemessen wird, welche in der Regel dem hälftigen Ertrag der I. Periode gleichgesetzt wird. Abweichungen hiervon wären zu begründen. Da in der tatsächlichen Nutzung stets auch eine gewisse Menge an ausserplanmässigen Anfällen aus Beständen späterer Perioden hinzutritt, so soll der planmässigen Nutzung des ersten Jahrzehnts nach mässigen Erfahrungssätzen das Scheidholz im engeren Sinne (d. h. die zufälligen Ergebnisse ohne flächenweise Räumung) zugerechnet werden.“ Für die Zwischennutzungen des nächsten Jahrzehnts wird ein Flächenplan entworfen. Alle Zwischennutzungen im Nebenbestande gelten als Durchforstungen.

§ 122. Grossherzogtum Baden[87]). Die Erneuerung der Forsteinrichtung der zu einem Wirtschaftsbezirke gehörigen Waldungen erfolgt in der Regel alle 10 Jahre. Die Einrichtungsbeamten sind zwei Forstverständige und zwar der Vorstand des betreffenden Forstamtes (der Oberförster) und der besonders noch beauftragte Forsttaxator. Dieselben haben den Wald von Abteilung zu Abteilung zu durchgehen, wobei alles für die Forsteinrichtung Wichtige zu erörtern und das letzte Einrichtungswerk sorgfältig zu prüfen ist. „Eine neue Aufnahme der Holzvorräte durch Messung hat in den in Verjüngung liegenden, sowie in den im nächsten Jahrzehnt zum Angriffe bestimmten Abteilungen stattzufinden, in letzteren, wenn immer tunlich, durch Probeflächen. Die Bestimmung des Holzvorrates in den übrigen Abteilungen hat durch Vervielfachung des Alters mit dem wirklichen Haubarkeitsdurchschnittszuwachs zu geschehen.“ Dies gilt nur für die nach Massen bewirtschafteten Waldungen. In den nach Flächen bewirtschafteten Waldungen wird der Holzvorrat lediglich nach Schätzung bestimmt, wenn nicht anderweite besondere Anordnungen vorliegen. Der Zuwachs ist als normaler und wirklicher zu bestimmen. Der normale ist der durchschnittliche Haubarkeitszuwachs eines gut bestockten und pfleglich behandelten Bestandes bei gegebener Holz- und Betriebsart. Der wirkliche Zuwachs ist der wirkliche Haubarkeitsdurchschnittszuwachs. Zum Ansprechen des Zuwachses dienen die vorhandenen Ertragstafeln und die eigenen Erfahrungen. Das Bestandesalter ist möglichst genau zu bestimmen. In Verjüngungsschlägen wird der Zuwachs nach Prozenten der gegenwärtigen Masse angesetzt. Die Anwendung des Zuwachsbohrers ist empfohlen. Die Arbeiten im Freien werden durch ein Mitglied der Domänendirektion geprüft. „Bei der Bestimmung des Abgabesatzes in den Hochwaldungen und in den nach der Masse bewirtschafteten Mittelwaldungen gelten folgende Grundsätze: Die Grundlage des Abgabesatzes bildet in der Regel der wirkliche Zuwachs. Mehr, als der wirk-

87) Die nachstehende Schilderung stützt sich auf die „Dienstanweisung über Forsteinrichtung in den Domänen-, Gemeinde- und Körperschaftswaldungen des Grossherzogtums Baden“ vom 19. Juni 1869 und auf briefliche Mitteilungen des Geheimrates Krutina.

liche Zuwachs beträgt, soll genutzt werden, wenn ein Ueberschuss über den normalen Vorrat vorhanden ist, dessen Abnutzung forstwirtschaftlich und ökonomisch rätlich erscheint. Weniger, als der wirkliche Zuwachs beträgt, soll genutzt werden, wenn der normale Vorrat noch nicht vorhanden ist. Je rascher in diesem Fall durch Zuwachsersparnis der normale Vorrat erreicht werden kann, um so besser ist es, vorausgesetzt, dass hierdurch keine wesentlichen ökonomischen Verluste oder wirtschaftlichen Fehler veranlasst werden; keinesfalls aber soll der Ausgleichungszeitraum länger als die Umtriebszeit sein." Der Normalvorrat wird nach der Formel $nz \times \frac{u}{2}$ berechnet. Für Mittelwaldungen ist noch die nach dem Schlagabtriebe verbleibende Oberholzmasse hinzuzuschlagen. „Unter tunlichster Berücksichtigung dieser Grundsätze ist der Abgabesatz für den gegebenen Fall nach Massgabe der forstwirtschaftlichen Verhältnisse und der besonderen Bedürfnisse des Waldeigentümers festzustellen." Es bleibt zu bedenken, dass ein starkes Schwanken des Abgabesatzes in den einzelnen Jahrzehnten misslich ist. Auch ist zu berücksichtigen, dass fast in jedem Jahrzehnt durch ausserordentliche Ereignisse und Bedürfnisse auch ausserordentliche Nutzungen nötig werden; deshalb erscheint im Zweifelsfalle ein etwas geringerer Ansatz geboten. Dem so festgestellten Abgabensatz an Hauptnutzung sind die Zwischennutzungen schätzungsweise zuzurechnen. Ueberhiebe und Zwischennutzungen sind im neuen Jahrzehnt entsprechend auszugleichen. Der Abgabesatz in den nach der Fläche bewirtschafteten Mittel- und Niederwaldungen wird nur nach der Hiebsfläche festgesetzt. Das Einrichtungswerk wird in der Regel durch den Forsttaxator im Winter unter Leitung der Domänendirektion ausgearbeitet. Es umfasst die allgemeine Beschreibung, die besondere Beschreibung, den Wirtschaftsplan für die nächsten 10 Jahre und event. einen Streunutzungsplan. Für den Wirtschaftsplan ist der berechnete Gesamtabgabesatz massgebend und werden darnach die Nutzungen und Kulturen in den einzelnen Abteilungen angesetzt. Reinigungshiebe und Aufastungen werden ohne Masse aufgeführt. Am Schlusse des Planes ist die jährliche Nutzung auf 1 ha nach Haupt- und Zwischennutzungen berechnet und bei den Mittel- und Niederwaldungen entsprechend die Schlagreihenfolge anzugeben. Eine Trennung nach Betriebsklassen ist zu beachten. Das Badische Verfahren ist eine kombinierte Methode, die mit dem Hagen'schen Verfahren übereinstimmt.

§ 123. Grossherzogtum Hessen[88]. Die gesamten Betriebsregulierungsarbeiten werden unter Leitung und Verantwortlichkeit der Grossherzogl. Oberförster vollzogen. Das Verfahren bezieht sich nur auf Hochwald mit Einschluss kleinerer Niederwaldungen. Für die grösseren Niederwaldungen bleiben die Vorschriften über Einteilung in Jahresschläge etc. in Geltung. „Das Verfahren soll den Weg zeigen, den Normalzustand des Waldes so herzustellen, dass ein jährlich ziemlich gleicher, quantitativ und qualitativ möglichst hoher Hiebssatz nachhaltig genutzt werden kann." Es wird dabei auf den Normalvorrat und bei geeignetster Holzart auf den höchsten Zuwachs abgezielt. Man sucht die nachhaltige Nutzung des höchstmöglichen Fällungshiebssatzes durch den Abtrieb zuwachsloser Bestände, durch zweckmässigste Kulturverfahren und Bestandspflege zu sichern und die wirtschaftlich und finanziell möglichste Ertragssteigerung in den Vordergrund zu schieben. Dem Wirtschafter soll ein klares Bild des waldbaulichen Zustandes des gesamten Wirtschaftsganzen geboten werden, um entscheiden zu können, welche Hauungen nach allgemein waldbaulichen Gesichts-

88) Geschildert nach der „Anleitung zu den Betriebsregulierungsarbeiten in den Domanial- und Kommunalwaldungen des Grossherzogtums Hessen" vom Jahre 1899.

punkten, nach nationalökonomischen, staats- und privatwirtschaftlichen Grundsätzen zuerst in Angriff zu nehmen, welche Wirtschaftsmassnahmen auf Bestandspflege zu ergreifen sind und in welchem Umfange der Kulturbetrieb einsetzen muss. In der zu Grunde gelegten Einrichtungszeit (Umtriebszeit) soll der grösste Teil der zeitig vorhandenen Bestände einmal zur Nutzung gelangen. Sie ist also nicht das Zeitalter der Hiebsreife sämtlicher Bestände. Von einer jährlichen Aneinanderreihung der Schläge zur Erzielung einer normalen Altersstufenfolge ist abzusehen, es ist aber eine angemessene Schlagordnung und Hiebsverteilung im Auge zu behalten und die Bildung kurzer Hiebszüge zu beachten. Das vom Betriebseinrichter und Wirtschaftsbeamten gemeinsam zu entwerfende Beratungsprotokoll ist der Ministerialabteilung vorzulegen. In demselben sind zu begutachten: die Länge des Einrichtungszeitraums, die Betriebsart, die Holzart mit ihrem mutmasslichen durchschnittlichen Hiebsreifealter, allgemeine Wirtschaftsregeln und besondere Vorschläge. Für die Aufstellung der Bestandstabelle ist ein sehr eingehendes Muster gegeben, wobei eine entsprechende Bestandsausscheidung (Abteilungsteile), eine Trennung der zuwachsarmen und zuwachslosen „Gruppen“, eine genaue Standorts- und Bestandsbeschreibung, eine Angabe der demnächstigen Wirtschaftsmassnahmen, der Hauptholzart, des Alters, der Bonitätsklasse, des Sollvorrates, des normalen und wirklichen Zuwachses und der in den nächsten 10 Jahren zu erwartenden Holzergebnisse vorausgesetzt wird. Es ist ferner für die Aufstellung der Holzarten- und Bonitätsklassentabelle ein besonderes Muster vorgeschrieben, das namentlich auf das Hervortreten der Hauptholzarten und Altersklassen, des Zuwachses und Vorrates Gewicht legt. Auch ist eine tabellarische Uebersicht über Verteilung der Bestände mit ihrem Vorrat an prädominierender Holzbestandsmasse in Altersklassen und über die für die nächsten 10 Jahre geschätzten Erträge an Haubarkeits- und Zwischennutzungen angeordnet. Endlich ist eine (vorläufige) Veranschlagung des jährlichen Hiebssatzes aufzustellen, wobei folgendes zu beachten ist. Hat ein Wirtschaftsganzes den Normalzustand (und $wz = nz$), so kann jährlich auf der Fläche $\frac{F}{u}$ die Holzmasse $F \cdot wz \; (= F \cdot nz)$ oder pro Jahr und Hektar $wz \; (= nz)$ genutzt werden. Für den 10jährigen Zeitabschnitt kommen dann die Formeln $\frac{F}{u} \times 10$ und $10 \times F \times nz$ als Regulatoren bei Feststellung des Hiebssatzes in Betracht. Doch ist das nur ein ungefährer Anhalt; denn die Fläche der hiebsfraglichen und zuwachsarmen Bestände ist ausserdem zu beachten. Die Holzmassen der für den 10jährigen Zeitraum vorgesehenen, mit hiebsreifem Holze bestandenen Flächen geben einen ungefähren Anhalt für die Haubarkeitsnutzung. Bei der Zuteilung der hiebsreifen Bestände für's nächste Jahrzehnt ist auch der Ausgleich zwischen holzarmen und holzreichen Abteilungen beachtlich. Wenn der wirkliche Vorrat den Soll-Vorrat übersteigt, dann kann eine grössere Fläche hiebsreifer Bestände dem Jahrzehnt zugewiesen werden; im umgekehrten Falle ist einzusparen. Selbstverständlich sind auch die Markt-, Berechtigungsverhältnisse etc. zu berücksichtigen. „In erster Linie sind vorzusehen: 1. Bestände, welche wegen Zuwachslosigkeit oder aus waldbaulichen bezw. finanzwirtschaftlichen Gründen oder mit Rücksicht auf Lieferung von Berechtigungsholz zum Hiebe kommen müssen“ (zuwachsarme Bestände, Oberstandsreste, Aushieb von Stämmen, Aufhieb von Wegen, Bestandsteile als Opfer der Hiebsfolge), 2. hiebsreife Bestände, 3. hiebsfragliche Bestände. Nachdem die Holzmassenaufnahmen erfolgt sind, stellt die „endgültige Etatsveranschlagung“ das Forstvermessungs- und Taxations-Bureau auf. „Die Veranschlagung der Zwischennutzungen nach Alter und Bonität der Bestände erfolgt zwar auf Grund der Durchforstungsertragstafeln, jedoch unter sorgfältiger Berücksichtigung der kon-

kreten Verhältnisse des betreffenden Bestands." Alle Bestände sollen innerhalb 10 Jahren mindestens einmal zur Durchforstung gelangen. „Der Flächenetat wird so gebildet, dass etwa $^1/_{10}$ oder mehr der gesamten zu durchforstenden Fläche jährlich zur Nutzung kommt und dass der Hieb möglichst gleichmässig alte und junge, sowie Bestände verschiedener Holzart umfasst."

§ 124. Grossherzogtum Mecklenburg-Schwerin[89]). Als Methode gilt das kombinierte Fachwerk, jedoch mit der neuerlichen Beschränkung, dass mehr als bisher die Beschaffenheit der Bestände bei Einreihung in die Perioden massgebend sein und die Gleichmässigkeit zurückstehen soll. Es besteht in dieser Richtung völlige Uebereinstimmung mit den von Neumeister in der „Forsteinrichtung der Zukunft" vertretenen Ansichten. „Die Aufstellung der Wirtschaftspläne erfolgt auf Verfügung des Forstkollegii nach gestelltem Antrage seitens des Vorstandes der Forsteinrichtungs-Kommission, welcher der Forstinspektion den Beginn der Arbeiten anzuzeigen und die damit beauftragten Forstgeometer zu benennen hat. Der Forstgeometer durchgeht an der Hand einer zum vorläufigen Gebrauch fertig gestellten Wirtschaftskarte den Forst und notiert für jeden Bestand im vorgeschriebenen Taxationsmanual alles Wissenswerte. Für die Blockbildung geben wesentliche Verschiedenheit in Holzarten, Betriebsarten und Standortsverhältnissen, zu grosse, die Uebersichtlichkeit erschwerende Ausdehnung gleichartiger Bestände und Verschiedenheit der Absatzgebiete Veranlassung. In jedem Block wird durch Herstellung eines geordneten Altersklassenverhältnisses und durch Bestimmung einer rationellen Umtriebszeit eine selbständige Nachhaltswirtschaft angestrebt. Es ist besonders hervorzuheben, dass der frühere Grundsatz, die Blockgrenzen tunlichst mit den Schutzbezirksgrenzen zusammenfallen zu lassen, jetzt meist nicht mehr eingehalten wird, um eine Beengung der Wirtschaft zu vermeiden. Eine Trennung der Hochwaldflächen eines Blocks in Betriebsklassen soll dann stattfinden, wenn verschiedene Holzarten in grösseren Flächen räumlich getrennt sind. Diejenigen Flächen, welche sich zur Einordnung in einen Block nicht eignen, sind als Ausschlussflächen zu bezeichnen. Ist das Altersklassenverhältnis innerhalb der Blöcke festgestellt, so ist für jeden Block eine Zusammenstellung zu entwerfen, welche die Dotierung der 20-jährigen Perioden durch Einordnung der Bestände enthält.

Für diese Dotierung im Hochwald gilt zunächst die normale Periodenfläche, die aus der Umtriebszeit (event. den Umtriebszeiten mehrerer Betriebsklassen) abzuleiten ist. Bei der Einordnung bez. Auswahl der Bestände sind massgebend: die Ausbildung des Altersklassenverhältnisses, die Begründung und Fortbildung der Hiebsfolge, die Erzielung entsprechender Hiebsalter, die Hebung der Produktion durch Voranstellung unvollkommener Bestände und der Ausgleich mit anderen Blöcken. Keine Einordnung erfolgt in der Regel bei den Blössen und Räumden, eine zweimalige bei kleineren, haubaren Beständen, inmitten von Junghölzern, die in der I. Periode für sich und in einer späteren nochmals mit den Junghölzern zum Abtriebe kommen. Besamungsschläge werden mit reduzierten Flächen eingeordnet. Von der Ermittelung der Massen, die in der II. und III. Periode erfolgen werden, nach Ertragstafeln wird neuerdings Abstand genommen. Es geschieht nur noch eine genaue Massenaufnahme für die Bestände der I. Periode und zwar im Hochwalde durch stammweises Kluppen. Für die der II. Periode angehörenden Buchenbestände sind durch ein Rundschreiben vom 20. Nov. 1899 Vorgriffe vorgesehen.

Die Einordnung der Flächen im Niederwaldblock geschieht im allgemeinen

---

89) Die nachstehende Schilderung stützt sich auf die „Instruktion für die Einrichtung der Grossherzoglichen Kameralforsten" vom 2. Dez. 1892 und auf briefliche Mitteilungen des Oberlandforstmeisters von Monroy.

nach dem durch die Umtriebszeit gegebenen Abtriebsalter. „Zunächst sind die Flächen späterer Perioden, welche im 1. Jahrzehnt der laufenden Periode Durchforstungserträge liefern werden, festzustellen. Die Erträge aus den regelmässigen Durchforstungen und Läuterungshieben sind spezifiziert für jeden Bestand nach den rechnungsmässig nachweisbaren Erträgen ähnlicher Bestände des Forstes zu schätzen, oder nach Erfahrungstafeln zu bestimmen.“ Als der für den Betrieb massgebende jährliche Abnutzungssatz gilt hinsichtlich der Hauptnutzung und regelmässigen Durchforstung der Flächenetat. „Nach Ablauf von 10 Wirtschaftsjahren der jedesmaligen Periode findet eine Zwischenrevision statt.“ Diese regelt den Hauptnutzungsetat für das 2. Jahrzehnt nach der bisherigen Abnutzung und stellt den Vornutzungsetat neu auf.

VIII. Verfahren der Hiebssatzermittelung für die österreichischen Reichsforste [90]).

§ 125. Die im Jahre 1893 in 2. Auflage erschienene „Instruktion für die Begrenzung, Vermarkung, Vermessung und Betriebseinrichtung der Staats- und Fondsforste“ schreibt bezüglich der Etatsermittelung im § 43 folgendes vor:

Behufs Ermittelung des jährlichen Haubarkeitsertrages der Betriebsklassen mit schlagweiser Holznutzung im Hochwalde, und zwar für jede Betriebsklasse speziell, ist zunächst auf Grund der Altersklassentabelle darzustellen, ob hiebsreife Bestände und nachrückende jüngere Altersstufen im genügenden Flächenverhältnisse vorhanden sind, oder ob und auf wie lange der Einschlag von ausreichend (physisch, merkantil oder finanziell) hiebsreifen Bestandesvorräten einzuschränken ist, beziehungsweise ganz zu unterbleiben hat, oder ob auf Grund der allgemeinen Betriebsvorschriften eine raschere Nutzung der eventuell vorhandenen Massenüberschüsse erwünscht oder gerechtfertigt ist.

Aus dieser Darstellung und aus dem mehr oder minder detaillierten allgemeinen Einrichtungsplane ergibt sich annähernd die Grösse des Ausgleichszeitraumes und hiernach die für das nächste Jahrzehnt zulässige Hiebsfläche in Summe, wobei der auf derselben vorhandene Massenvorrat den dezennalen Hiebssatz bildet.

Sind in einem Wirtschaftsbezirke oder in einer Betriebsklasse die Standorts- und Bestockungsverschiedenheiten so grell oder vielfach wechselnd, dass durch die auf Grund der wirklichen Flächen verfasste Altersklassentabelle und den allgemeinen Einrichtungsplan die Nachhaltigkeit der Holzmassenerträge nicht mit Sicherheit beurteilt werden könnte, so sind in beiden Tabellen die auf die meist vertretene Standortsgüteklasse und auf volle Bestockung reduzierten Flächen unterhalb der schwarz eingeschriebenen konkreten Flächen rot einzutragen und sodann der Hiebssatz auf Grund des Altersklassenverhältnisses nach reduzierten Flächen zu ermitteln.

Dem nach Vorstehenden entwickelten, auf der Fläche basierenden Massenetat wird zum Zwecke des Vergleiches jener Etat gegenübergestellt, welcher sich aus der Formel:

$$E = Z + \frac{V_w - V_n}{a}$$

berechnet.

Hierbei bedeutet:

Z den Altersdurchschnittszuwachs zur Zeit der Haubarkeit aller bereits sicher begründeten Bestände der betreffenden Betriebsklasse;

V_w die Summe des wirklich erhobenen Massenvorrates (§ 34);

V_n den normalen Vorrat, d. i. diejenige Grösse, welche der stockende Massenvorrat besitzen sollte, wenn das Altersklassenverhältnis normal, die mittlere Bestockungs-

90) Die nachstehende Schilderung ist einer brieflichen Mitteilung des Ministerialrates Dimitz entnommen und in der 2. Auflage neu hinzugekommen.

güte jedoch nicht höher wäre als die durchschnittliche Bestockung des gegenwärtigen oder wirklichen Massenvorrates, daher in der Regel gleich zu setzen dem Produkte aus der Summe des Haubarkeitsdurchschnittszuwachses jeder Betriebsklasse mit der zugehörigen halben Umtriebszeit;

a den ermittelten und bewilligten Ausgleichszeitraum (§ 41, Punkt 10).

Vorsichtsmassregeln bei der Benutzung der Einzelfaktoren zur Ertragsberechnung.

Bei der Berechnung des Haubarkeitsertrages nach der Formelmethode ist folgendes zu beachten:

a. Der Ertrag ist nur auf den im Etatsdezennium zu erwartenden Zuwachs an Haubarkeitsmasse und auf die sicher nachgewiesenen Ueberschüsse des Massenkapitals, soweit solche während dieses Dezenniums aufgezehrt werden dürfen, zu begründen.

Die für später in Aussicht gestellten Verbesserungen in der Massenproduktion dürfen nicht in Anschlag kommen. Dadurch entsteht kein Verlust, weil beim Beginne des nächsten Dezenniums die Ertragsermittelung erneuert wird und somit der im abgelaufenen Jahrzehnte tatsächlich angebahnten Zuwachssteigerung genügend Rechnung getragen werden kann. Namentlich ist bei dem unsicheren Entwicklungsgange der servitutsbelasteten Alpenforste eine besonders vorsichtige Ertragsveranschlagung angezeigt.

b. Ist der konkrete Bestandesvorrat kleiner als er für den Normalzustand jeder Betriebsklasse berechnet wird, so ist nur dann weniger einzuschlagen als zuwächst, wenn durch die Etatsminderung nicht der dringende Abtrieb schlechtwüchsiger, gering bestockter Bestände verzögert wird.

c. Im übrigen sind die bewilligten oder modifizierten Betriebsvorschläge massgebend für die Faktoren, in besonderen Fällen auch für den Vorgang bei der Ermittelung des Haubarkeitsertrages.

Die im Jahre 1901 durchgreifend neu bearbeitete 3. Auflage der „Instruktion für die Begrenzung, Vermessung und Betriebseinrichtung der Staats- und Fondsforste“ bestimmt im Abschnitte X bezüglich der Berechnung des Holzertrages für das nächste Jahrzehnt folgendes:

A. Grundsätze.

Unterscheidung der Materialerträge nach Haubarkeits- Zwischen- und Zufallsnutzung.

Der Holzertrag ist getrennt für die Haubarkeits-(Abtriebs-)Nutzung, für die Zwischennutzung und für die Zufallsnutzung zu veranschlagen.

Im allgemeinen wird das Ergebnis der eigentlichen Holzernte zur Haubarkeitsnutzung gerechnet und zur Zwischennutzung jenes Material gezählt, welches zum Zwecke der Bestandeserziehung oder der Pflege der Bestände eingeschlagen wird.

Als Haubarkeitsnutzung ist demnach jeder Materialbezug aus den für den nächsten Wirtschaftszeitraum vorgesehenen Nutzungsflächen zu betrachten und aus den zufälligen Ergebnissen nur jener Anfall, nach dessen Einschlag oder Wegnahme entweder ein junger Nachwuchs oder eine aufforstungsfähige Blösse von mindestens 0,2 ha zurückbleibt.

Das Materialergebnis aus den Durchreiserungen, Durchforstungen und sonstigen Pflegehieben, sowie aus der Nutzung der Ueberhälter in Jungbeständen und der Ertrag von Räumden gehört der Zwischennutzung an.

In der Regel ist für die Beurteilung, ob ein Materialbezug der Haubarkeits- oder der Zwischennutzung angehört, der Hauungsplan massgebend.

Der Zufallsnutzung werden zugerechnet die Materialergebnisse von Windwürfen, Wind-, Schnee- und Eisbrüchen, Insekten- und Frevelhölzern, dann Dürrlingen jeder Art, mit Ausnahme jener, welche in den planmässigen Nutzungsflächen anfallen, und solcher, welche nach dem vorstehenden der Haubarkeitsnutzung angehören. Bei der Zufallsnutzung wird ebenso wie im Plenterwalde zwischen Haubarkeits- und Zwischennutzung nicht unterschieden.

Die Baumrinde wird, wenn sie zur Verwertung gelangt, nach ihrer Provenienz einer der vorstehenden Nutzungen zugerechnet.

Von dem theoretisch berechneten Holzertrage der Haubarkeitsnutzung ist für den Aufbereitungs- und eventuell auch Rindenverlust, dann für die unverwertet im Schlage zurückbleibenden Gipfel und Aeste und das sonstige Material ein entsprechender, den lokalen Verhältnissen angepasster Abzug zu machen und sind daher im Hauungsplan ebenso wie in dem jährlichen Fällungsantrag nur noch jene ortsgemässen Ansätze (Nutzungsgrössen) einzustellen, welche dem im obigen Sinne berichtigten Einschlag entsprechen.

Das Stock- oder Wurzelholz wird in den Voranschlag nicht einbezogen.

B. Vorgang bei der Etatsermittelung.

Ertragsberechnung für den schlagweisen Betrieb und Kontrolle des Hiebssatzes.

Behufs Ermittelung des jährlichen Haubarkeitsertrages beim schlagweisen Hochwaldbetriebe ist für jede Betriebsklasse auf Grund der Altersklassentabelle darzustellen, ob hiebsreife beziehungsweise hiebsfähige Bestände und nachrückende jüngere Altersstufen in genügendem Flächenverhältnisse vorhanden sind oder ob und auf wie lange der Einschlag von ausreichend hiebsreifen (hiebsfähigen) Bestandesvorräten einzuschränken, oder ob auf Grund der allgemeinen Betriebsvorschriften eine raschere Nutzung der etwa vorhandenen Massenüberschüsse erwünscht oder gerechtfertigt ist.

Als hiebsreif (hiebsfähig) sind jene Bestände anzusprechen, deren Weiserprozent unter den angenommenen Wirtschaftszinsfuss gesunken und deren Einschlag bei Beachtung der unabweisbaren Hiebsordnung oder Hiebsfolge möglich ist.

Ferner sind zu erheben die wirtschaftlich notwendigen Loshiebe und Sicherungsstreifen, dann jene lückigen und zuwachsarmen Bestände, deren Verjüngung gemäss der Bestandesbeschreibung erwünscht ist, und alle jene Bestände, welche aus waldbaulichen Rücksichten eingeschlagen werden sollen, endlich alle jene, welche der Hiebsordnung zum Opfer fallen müssen.

Aus dieser Zusammenstellung, beziehungsweise diesen Erhebungen ergibt sich unter Berücksichtigung der Hiebsfähigkeit d. i. der Möglichkeit der alsbaldigen Nutzung der Bestände, annähernd die Grösse der für das nächste Jahrzehnt oder den Wirtschaftszeitraum zulässigen Hiebsfläche, welche nach folgenden Grundsätzen der Kontrolle zu unterziehen ist.

Ist das Altersklassenverhältnis annähernd normal, so ist die ermittelte Hiebsfläche mit der der Umtriebszeit entsprechenden normalen Schlagfläche zu vergleichen; bei vorhandener Abnormität ist der Einschlag einer grösseren Fläche zulässig, wenn ein Ueberschuss an Althölzern vorhanden ist, bei einem Mangel an solchen muss die Nutzungsfläche reduziert werden. Der Zeitraum, innerhalb dessen die grössten Abnormitäten im Altersklassenverhältnis ausgeglichen werden können, dient als Regulator für das Mehr oder Weniger der Nutzungsfläche.

Innerhalb der einzelnen Betriebsklassen ist die strenge Nachhaltigkeit der Nutzung nur in jenen Waldungen erforderlich, welche mit Holzservituten stark belastet sind.

Wo keine oder im Verhältnis zum Ertrage nur geringfügige Servituten die Wirtschaft behindern, ist bei der Betriebsklasse die strenge Nachhaltigkeit des Ertrages nicht erforderlich und können sich die Nutzungsgrössen der einzelnen Betriebsklassen innerhalb des Wirtschaftsbezirkes in den einzelnen Zeiträumen ergänzen.

Bei sehr abnormen Altersklassenverhältnissen oder bei dem Vorhandensein zahlreicher Altholzüberschüsse ist eine solche Ergänzung der Nutzungsgrössen auch für eine Gruppe von Wirtschaftsbezirken zulässig.

Der auf der ermittelten Nutzungsfläche basierende Massenetat ist mit dem ermittelten Haubarkeitsdurchschnittszuwachs zu vergleichen und kann auch nach einer der Formelmethoden kontrolliert werden.

Ferner ist der Etat auch mit dem tatsächlichen Holzeinschlag des abgelaufenen Jahrzehnts mit Berücksichtigung des Einflusses, welchen der Holzbezug auf das Altersklassenverhältnis geübt hat, zu vergleichen. Zu diesem Behufe ist eine Tabelle mit Benützung des Formulares 12 zu verfassen und der Etatsbegründung anzuschliessen.

Diese Vergleichungen und Erwägungen werden zu einer endgültig ermittelten Hiebsfläche führen und der auf derselben bestimmte Massenvorrat, vermehrt um den auf die Mitte des Wirtschaftszeitraumes berechneten laufenden Zuwachs bildet den Massenhiebssatz für das Jahrzehnt.

Die zur Erfüllung dieses Hiebssatzes eingestellten Bestände und Nutzungen sind im Einrichtungsplane dem ersten Jahrzehnte zuzuweisen.

XI.

* Transportwesen.

Von

C. Schuberg,
für die 2. Auflage bearbeitet von H. Hausrath[1]).

I. Allgemeine Erörterungen über den Begriff, Zweck und die Leistungen forstlicher Bringungsanstalten.

§ 1. Für jede ständige Gütererzeugung muss man nach Einrichtungen streben, welche die Erzeugnisse rasch, sicher und billig in den Bereich des Verbrauchs bringen lassen. Die Forstwirtschaft liefert in waldreicher Gegend massenhaft schwerfällige Stoffe weit über den nächsten Bedarf und muss einen lohnenden Markt für den Ueberschuss suchen. Der erzielte Preis ist mit Erzeugungs- und Fracht-Kosten belastet, welche mit der Entfernung vom Markte zunehmen und dort die höchsten sind, wo die Bringungsanstalten auf tiefster Stufe stehen. Bei sonst gleichen Bedingungen vermindert sich der Frachtsatz auf die Einheit der Weglänge mit der grösseren Leichtigkeit, Sicherheit und Raschheit des Bezugs, sowie mit der besseren Ausnutzung und Schonung der Fuhr-Mittel und Kräfte auf besserer Bahn; die Frachtunterschiede ungleicher Entfernungen vermindern sich zu Gunsten der grösseren. Dies begünstigt die Preisausgleichung und die Begegnung von Ausgebot und Nachfrage.

Noch mehr wie für die anderen Gewerbe des Boden-An- und Abbaues ist für das forstliche die Verkehrspflege eine Lebensfrage, weil der Preis seiner Erzeugnisse der niedrigste im Verhältnis zu den hohen Frachtkosten zu sein pflegt und bei jeder Wirtschaftsweise geringwertige Stoffe miterzeugt werden müssen, welche weitab vom Markte unverwertbar bleiben und bei den Betriebsweisen mit kleinstem Vorratskapital den grössten Prozentsatz ausmachen. Zu den ersten Bedingungen für die Regelung der Absatzverhältnisse ist daher die Beschaffung guter Bringungsanstalten zu zählen, welche die Erzeugnisse im Waldesinneren leicht sammeln und nach aussen zu den Bedarfsorten mit den geringstmöglichen Kosten bringen lassen.

Anstalten zum verführen im oder auf dem Wasser können örtlich dem Landwege zur Seite oder mit ihm im Wettbewerb stehen. Im Waldesinnern können die Wasserstrassen nur den Verkehr nach aussen aufnehmen; mannigfache Bringungsanstalten zu Lande haben ihnen die Erzeugnisse zuzuführen. Die Wertsminderungen und Verluste bei der Flösserei drängen mit steigendem Holzwert indessen immer mehr zur Förderung auf der Achse, soweit nicht Verschiffung möglich. Die streng-wirtschaftliche Natur

1) Die einer eingreifenderen Bearbeitung unterzogenen oder neu eingeschalteten §§ würden durch Bezeichnung mit * kenntlich gemacht.

der Waldbenutzung fordert schlichte, schmucklose Bauweisen, mehr in den Ausmassen, der Stoffwahl und den Kostensätzen, als in den Formen örtlich bedingt; nur teilweise in ständigem Gebrauch, bald ausschliesslich für eigenen Betrieb, bald mit Bahnung für alle üblichen Fuhrwerke der Gegend.

Erst die genaue forstliche Ortskenntnis befähigt zu einem Urteil, welche Bau- und Förderungsweisen passend und ausführbar sind und bei welchem Aufwand sie sich lohnen. Die Leiter des forstlichen Betriebs müssen dessen Anforderungen kennen, zwischen den Vorteilen grösserer Tauschfähigkeit und dem Bauaufwand das richtige Verhältnis abwägen; die Forstwirte also müssen das Verständnis dafür besitzen, wie die Bringungsanstalten als wirtschaftliche Unternehmungen in's Werk zu setzen und zu handhaben sind. Auch die rasche Behebung unvermeidlicher Abnutzungen, Beschädigungen oder Betriebsstörungen muss den Betriebsbeamten selbst obliegen. Sie müssen die geeigneten Ersatzstoffe, die nächsten orts- und arbeitskundigen Kräfte kennen, verfügen auch am ehesten darüber. Mindestens müssen ihre Kenntnisse soweit reichen, dass sie mit Bauverständigen beim Entwurf und bei der Ausführung zusammenwirken, das wirtschaftliche Beste dabei wahren, als die bestellten Verwalter die Lieferungen und Gedinge abschliessen und darüber abrechnen können.

Durch die Bringungsanstalten wird der gesamte Wirtschaftsbetrieb und Geschäftsverkehr beeinflusst. Sie bedeuten neben Vermehrung des Waldkapitals und Ausdehnung der Arbeitstätigkeit zu grösserem wirtschaftlichen Erfolg — Anbahnung eines intensiveren Betriebs. Auf bisher abgelegene Waldungen äusserte die grossartige Umgestaltung des öffentlichen Verkehrswesens sofort ihre Wirkungen. Sie drängte zur besseren Erschliessung hin, einschneidende Neuerungen tauchten helfend auf. Sie versprechen grosse Ersparnisse an Kraft und Zeitaufwand gegenüber den bisherigen Arten der Lastenhebung und -Förderung, verlangen aber auch neue Aufwendungen und desshalb ein eingehendes Kennenlernen ihrer Verwendungen und Vorteile.

Die Erfolge verschiedener Wirtschaftsweisen lassen sich nicht feststellen, wenn die Wirkungen der örtlich zulässigen Bringungsanstalten für den allgemeinen Verkehr oder für den Selbstbetrieb auf festen und verlegbaren Bahnen mit eigenen Heb- und Fahrzeugen ausser Rechnung gelassen werden.

§ 2. Eine forstliche Bringungsanstalt ist jede Anlage, welche dem örtlichen Verkehr im Walde und nach aussen behufs der Ablieferung der Walderzeugnisse an die Empfänger dient und zu diesem Zwecke hergestellt wird. Die Anlage ist entweder eine ständige, indem sie regelmässig die Förderung an bestimmte Plätze vermittelt, oder eine bewegliche (verlegbare), indem sie nach Bedarf auf andere Verkehrslinien verbracht wird. Im ersteren Falle kann sie Land- oder Wasserweg sein. Die Anlagen zu Lande, welche den Wald selbst zu seiner wirtschaftlichen Ausbeutung durchziehen und durch Verebnung den Waldboden in bestimmter Richtung und Breite anderer Verwendung auf die Dauer entziehen, heisst man Waldwege; jene dagegen, welche an und über dem Boden zu gleichen Zwecken aus Schwellen [Spurstangen] und Schienen zusammengefügt werden, Waldbahnen.

Der Hauptzweck aller dieser Anstalten ist die Gewinnung und Förderung des Holzes, als wichtigstes und massigstes Walderzeugnis. Nebenzwecke, welche gleichzeitig dadurch sich erreichen lassen, sind jene der Ausbringung sonstiger Nutzungen, der Erleichterung der Verwaltung, der Jagd und des Schutzes, der grösseren Sicherheit, auch des Naturgenusses.

Ihre Herstellung setzt voraus, dass dadurch eine Steigerung der Holzpreise eintreten werde, die genügt, um die Zinsen des Anlagekapitals und die Unterhaltungs-

kosten zu decken, sowie die Amortisierung des ersteren in kurzer Zeit herbeizuführen. Die Unsicherheit, welcher in dieser Beziehung die Waldbesitzer an vielen Orten ausgesetzt waren, hat die Entwicklung des forstlichen Bringungswesens lange aufgehalten. Beim Eintritt günstigerer Verhältnisse erwiesen sich jedoch die Vorteile guter Einrichtungen im Vergleich mit den Missständen der Weglosigkeit so handgreiflich, dass einsichtige Forstwirte sich gedrängt fühlten, die Erschliessung ihrer Waldungen ernstlich und eifrig zu betreiben. Die Vorteile sind vielfache:

1. Schonung des Waldbodens und der Bestockung, besonders an Abhängen.
2. Vermeidung von Wertverlusten an dem zu verbringenden Holze.
3. Bessere Lagerung und Abtrocknung, dadurch raschere Gewichtsverminderung.
4. Ertragsteigerung durch bessere Sortierung, leichteres Ausbringen ganzer Nutzholzstämme, Verkäuflichkeit der bisher wertlosen Holzsorten (Stangen, Reis- und Stockholz) und Nebennutzungen.
5. Verminderung der Erntekosten.
6. Unterstützung der Waldeinteilung, der Regelung der Hiebsfolge, der Verwaltung und des Forstschutzes, besonders aber
7. Verminderung des Zeit- und Kostenaufwandes für die gesamte Ausbringung der Walderzeugnisse (Schonung der Tiere, der Fahrzeuge und des Geschirrs, Kraft- und Zeitersparnis).

Die Leistungen der bewegenden Kräfte werden durch den Reibungswiderstand des rauhen Waldbodens geschwächt und gehemmt. Der Widerstand ist bezüglich der Förderungsbahn, der Förderungs-Arten und -Mittel von zweierlei Art: (gleitende) Reibung am Boden beim Schleifen und Ablassen („Riesen") der Baumschäfte und beim Schlitten des Holzes oder bei absichtlicher Hemmung der Fuhrwerke durch Radschuh und Bremse — rollende Reibung beim Räderfuhrwerk (neben der gleitenden Achsenreibung). Die gleitende Reibung wächst mit der Rauhheit der Reibungsflächen des Bodens und der bewegten Körper und im Gewichtsverhältnis der letzteren. Die Bodenverebnung regelt beide Arten des Widerstands und beseitigt die Hemmungen und Schäden durch Stoss und Schlag. Die rollende Reibung bereitet zwar einen kleineren, aber nach der Beschaffenheit der Bahn immer noch sehr verschiedenen Widerstand. Bei gleicher Zugkraft und Belastung auf wagrechter Bahn, für gewöhnliche vierrädrige Wagen und 1 m Geschwindigkeit in einer Sekunde bestehe das Verhältnis

K (bewegende Kraft): S($=$ W + G d. i. Gewicht des Wagens und der Ladung) $= 1 : n = \varrho$ oder wenn K $=$ x (Zahl) . k (mittlere Zugkraft einer Tierart),

$$(W + G)\,\varrho = x \,.\, k$$

so ergibt sich

1) für eine bestimmte Ladung die nötige Zugkraft oder Zahl der Tiere

$$x = \frac{(W + G)\,\varrho}{k} \quad \text{I)}$$

2) für eine bestimmte Zugkraft und Bahnbeschaffenheit das förderbare Ladungsgewicht

$$G = \frac{K}{\varrho} - W. \quad \text{II)}$$

Wäre beispielsweise ϱ (der Koeffizient der nötigen Zugkraft) erfahrungsgemäss

a) für eine Fahrbahn in lockerem Sand $= 0{,}125$
b) „ „ „ in leichtem Boden $= 0{,}06$
c) „ „ regelrechte Strassenbahn $= 0{,}025$

und in allen drei Fällen K $=$ 70 Kg (Zugkraft eines Pferdes), G $=$ 4500 Kg
W $=$ 1200 „

so erforderte der Fall	a	b	c
Zugtiere	10	5	2

oder nach Gleichung II) wäre

im Falle a. der beladene Wagen nicht
„ „ b. die Ladung nur in vier Fahrten
„ „ c. dagegen in einer Fahrt fortzubringen.

§ 3. Die Mannigfaltigkeit der forstwirtschaftlichen Betriebsweisen, der Bodenzustände und Geländeformen, der Holzaufbereitung und Absatzverhältnisse, der örtlich verfügbaren und zulässigen Zug- oder Triebkräfte und Fahrzeuge, sowie die Ungleichheit der Erträge und Löhne erfordern auch ein wohl erwogenes Anpassen der Bringungsanstalten an die Bedingungen der Oertlichkeit.

Einfache Waldverhältnisse mit einer Wirtschaft, welche nur kleinere leichte Holzsorten liefert, wie z. B. aller Niederwald, erfordern auch nur einfache Bringungsanstalten.

Der Hoch- und Mittelwaldbetrieb in ebener Lage bedarf mindestens einiger Hauptwege in Verbindung mit einfachen Seitenwegen, auf welchen die Erzeugnisse auf die ersteren zur Abfuhr zusammengebracht werden.

In Gebirgswaldungen, wo die Erzeugung von Starkholz im Vordergrund steht und dasselbe in ganzen Stämmen fortgebracht werden soll, müssen wenigstens die Täler und die Verbindungen der Talgebiete mit tragfähigen und gut fahrbaren Hauptwegen versehen und entweder mit gut gebauten Seitenwegen oder mit einem passenden System anderer Förderbahnen verbunden werden, welche das Holz an die Hauptwege oder Sammelplätze liefern.

Erstrecken sich grosse Waldungen weit in das Hochgebirge hinauf mit steilen Wänden, vielen Unterbrechungen durch Schluchten, Fels- und Trümmerhalden — sind ausserdem wenige und teure Fuhrwerke verfügbar, so ist der Bau von Fahrwegen tunlichst zu beschränken, wogegen solche Förderweisen zu entwickeln sind, mit welchen das Holz auf geneigter Bahn durch sein Eigengewicht zu Tal gelangt.

Je teurer und schwieriger der Wegbau und die Beschaffung der Zug- und Arbeitskräfte, desto mehr ist die Anwendung von Förderbahnen für mechanische Zug- und Triebkraft geboten. Selbst in der Ebene wird, wenn der Boden von Natur zu nachgiebig ist und Nutzholzwirtschaft herrscht, in der Neuzeit mit bestem Erfolg die Einführung von Waldbahnen angestrebt, welche grosse Lasten mit geringstem Kraftaufwand rasch und leicht auf Rollwagen über ihr Schienennetz aus den Holzschlägen zu den Verbrauchsorten oder den öffentlichen Verkehrslinien verbringen lassen.

Durchziehen oder berühren Gewässer die Waldungen, so dienen sie je nach ihrer Beschaffenheit und jener der fortzubringenden Hölzer (Lang- oder Kurzholz, Roh- oder Schnittholz, Brennholz) zum Verschiffen oder zur (gebundenen oder ungebundenen) Flösserei.

Im Walde sind im wesentlichen folgende Bringungsanstalten zu unterscheiden:

1. Fahrwege oberer Ordnung oder Hauptwaldwege in unmittelbarer Verbindung mit den öffentlichen Verkehrswegen in ständigem Gebrauch, daher mit vollem grundsätzlichem Ausbau für schweres Fuhrwerk.

2. Fahrwege mittlerer Ordnung, in aussetzendem Gebrauch, zur Verbindung zwischen den Wegen oberer und unterer Ordnung, mit beschränktem, örtlich verschiedenem Ausbau und mittlerer Bahnbreite.

3. Fahrwege unterer Ordnung oder Nebenwege, gutgebahnte Erd- oder Schotterwege, zuweilen mit Holzbahn (Knüppelwege) mit geringster Bahnbreite, zum Sammeln der Ladungen für die Abfuhr auf den Hauptwegen.

4. Schienenwege (Rollbahnen).
   a) ständige, mit festverlegten Geleisen,
   b) bewegliche, mit tragbaren Geleisen, zum Gebrauch mit Fahrzeugen, deren (schmale) Spurweite gerade ihrer Schienenbahn entspricht.

5. Schleifwege, zur Fortschaffung des Stammholzes aus den Holzschlägen auf dem Lottbaum mit Zugtieren, höchstens mit der Bahnbreite der Nebenwege.

6. Riesweg e, zum Fortschaffen durch freies Fortgleiten mittelst des Eigengewichts auf hergestellter Gleitbahn:

a) Stammholzriesen,
b) Stangenholz-,
c) Brennholz- und
d) Drahtseilriesen.

7. Schlittwege (Ziehwege), schmale Erdbahnen, meist mit Querhölzern, zur Holzförderung auf Handschlitten an die Lagerplätze oder Flossbäche.

8. Saum- und Reitwege, schmale Erdbahnen zur Förderung kleiner Lasten auf Saumtieren oder zur Personenförderung.

9) Fusswege (Hut- und Pirschpfade) zum Verwaltungs-, Schutz- und Jagddienst.

§ 4. Die vielen Besonderheiten des forstlichen Bringungswesens in seinem innigen Anschluss an die Wirtschaft mussten allmählich auch eine besondere Literatur hervorrufen, welche sich auf die örtlichen Erfahrungen, Uebungen und Regeln stützt und als forstlich-bautechnische sich darstellt.

K. F. V. Jägerschmid, Handbuch für Holztransport- und Flosswesen, Karlsruhe 1827; H. Karl, Anleitung zum Waldwegbau, Stuttgart u. Tübingen 1842; Neidhardt, Waldwegbau, 1852; L. Dengler, Weg-, Brücken- und Wasserbaukunde für Land- und Forstwirte, Stuttgart 1863; K. Scheppler, Das Nivellieren u. der Waldwegbau, 2. Aufl., Aschaffenburg 1873; Dr. Ed. Heyer, Anleitung zum Bau von Waldwegen, Giessen 1864; K. Schuberg, Der Waldwegbau und seine Vorarbeiten, 2 Bde., Berlin 1873 u. 1874; Dr. H. Stoetzer, Waldwegebaukunde, 4. Auflage Frankfurt a. M. 1903; G. R. Förster, Das forstliche Transportwesen, Wien 1885; Wimmenauer, Grundriss der Waldwegbaulehre, Leipzig und Wien 1896. Knauth: Waldwegebau und Terrainstudien, Frankfurt 1896. Lizius, Forstliche Baukunde, I. Forstlicher Hochbau, Berlin 1896. II. Dotzel, Handbuch des forstlichen Wege- und Eisenbahnbaus, Berlin 1898. Marchet, Waldwegbaukunde I. Tracieren u. Projektsverfassung. Leipzig u. Wien 1898. Croy, Forstliche Baukunde, Böhm. Leipa 1900.

Sonderschriften über Waldwegnetzlegung und Waldeinteilung sind:

E. Braun, Ueber die Anlage von Schneisensystemen, 2. Aufl., Darmstadt 1871; C. Mühlhausen, Wegenetz des Lehrforstreviers Gahrenberg, Frankfurt a. M. 1876; Dr. H. J. Räss, Waldwegenetz und Waldeinteilung im Gebirge, München 1880: Dr. H. Martin, Wegnetz, Einteilung und Wirtschaftsplan in Gebirgsforsten, Münden 1882; Ad. Runnebaum, Forstvermessung und Waldeinteilung 1890. Kaiser, O., Die wirtschaftliche Einteilung der Forste mit besonderer Berücksichtigung des Gebirges in Verbindung mit der Wegenutzlegung 1902.

Als Hilfsbücher stellen sich dar: Dr. Ed. Heyer, Tafeln zur Erdmassenberechnung beim Bau der Waldwege; Dr. F. Grundner, Taschenbuch zur Erdmassenberechnung bei Waldwegebauten, Berlin 1884. Schiege, die Wegekrümmungen: Freiberg i. S. 1896.

Aus der Literatur über Waldbahnen: Dr. W. F. Exner, D. moderne Transportwesen im Dienste der Land- und Forstwirtschaft. Weimar 1877. E. Heusinger von Waldeck, Handbuch für spezielle Eisenbahntechnik V. Bd. v. 1878 S. 526 u. ff.: „Bahnen zur Ausbeutung von Waldungen". E. O. Schubarth, Die Feldeisenbahnen insb. Spaldings Feldeisenbahn-System im Dienste der Waldwirtschaft. Essen 1885. Oekonomie, Gruben- und Forstbahnen mit vollständiger Ausrüstung. Vom Georg-Marien-Bergw. u. Hütten-Verein Osnabrück. Osnabrück 1885. A. Runnebaum, Waldeisenbahnen, Berlin 1886. E. Dietrich, Oberbau und Betriebsmittel der Schmalspurbahnen: Berlin 1889.

Für den Holztransport auf dem Wasser kommen ausser den bereits genannten Werken von Jägerschmid und Förster hauptsächlich in Betracht die betreffenden Abschnitte in Gayers Forstbenutzung 1. Auflage 1863, 9te 1903.

§ 5. Um Lasten mit dem geringsten Kraftverlust fortzubewegen, müssen die Hindernisse des rauhen Waldbodens durch Ebnung in der Längsrichtung und in genügender Bahnbreite beseitigt, es muss eine Wegbahn hergestellt werden, welche jederzeit nach Bedarf dem Gebrauch offen steht. Hiezu sind Messungen und Absteckungen mit einem Nivellierinstrument nötig, welche im Längenprofil und in den Querprofilen ersehen lassen, wie weit die Bodenoberfläche von der künftigen Bahnfläche abweicht und um wieviel sie in der Längsrichtung und quer dazu von Strecke zu Strecke steigt oder fällt.

Eine Wegbahn liegt entweder in der Fläche der Wagelinie, ist eben, wagrecht,

oder ist in ihrer Längenrichtung geneigt, schief. Das Gefälle der Mittellinie einer schiefen Bahn kann durch die Messung des spitzen Winkels bestimmt werden, um welchen dieselbe von der Wagelinie abweicht, oder durch das Verhältnis des Höhenabstands je zweier Punkte in der Linie zu ihrer wagrechten Entfernung. Als Verhältniszahl lässt es sich

a) im Prozentsatz (p) der Entfernung = L zu der Höhe = h ausdrücken:

$$p = 100 \frac{h}{L} \text{ oder } h : L = 0{,}0\, p$$

b) mit Beziehung der Höhe auf 1000 Einheiten von L:

$$z = 1000 \frac{h}{L} = 10\, p$$

c) durch Beziehung der Weglänge L auf die Einheit von h, in welcher erstere x mal enthalten ist:

$$x = L : h.$$

Da auch $p = \frac{100}{L : h}$, so ergibt sich leicht

$$p \text{ aus } \frac{100}{x} \text{ und } x \text{ aus } \frac{100}{p}.$$

Es wäre z. B. L = 270 m und h = 6,75 m, so berechnet sich p zu 2,5 % (Gefälle oder Steigung) und x zu 40 (d. h. auf 40 m Weglänge kommt 1 m Steigung).

d) Aus dem Neigungswinkel leitet man das Gefällverhältnis trigonometrisch ab. Wenn z. B. die Neigung α^0, so ist für den rad. 1.

$$0{,}0\, p = \operatorname{tg} \alpha \text{ und } h = L \,.\, \operatorname{tg} \alpha.$$

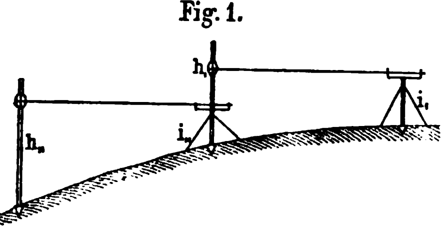
Am häufigsten ist der Prozentsatz im Gebrauch.

Die Messungsarbeiten, welche die Bestimmung der Längen- und Höhenabstände mehrerer Punkte einer Geländelinie oder Fläche bezwecken, um die bestehenden regellosen Gefällverhältnisse festzustellen und ihre Regelung zur Herstellung einer wagrechten oder geneigten Bahn einzuleiten, heisst man „Abwägung“ (Nivellement). Es bestehen dafür zwei Verfahren:

1. Das **Abwägen nach vorwärts** oder aus den Endpunkten der Staffellängen:

Man stellt am Anfangspunkt das Waggeräte, am folgenden die Nivellierlatte auf, richtet deren bewegliche Scheibe in die Waglinie ein und lässt hier die Lattenhöhe ablesen. Die Differenz zwischen der Summe der Latten $(h_{,} + h_{,,} + \ldots)$ und der Geräthöhen $(i_{,} + i_{,,} + \ldots)$ oder S(h)—S(i) ergiebt alsdann die Gesamthöhe H für die Gesamtlänge L der ganzen Linie. (Fig. 1.)

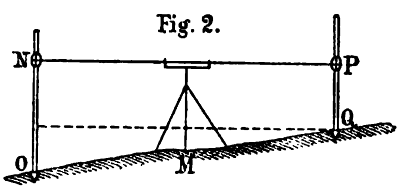
Fig. 1.



2. Das **Abwägen aus der Mitte.**

Man stellt das Waggeräte auf M halbwegs der Endpunkte, auf diese je eine Latte, richtet die Scheiben N und P auf die Waglinie ein und liest die Lattenhöhen NO = r (Rückblick), PQ = v (Vorblick) ab, deren Differenz = Höhenabstand, ohne Ermittelung der Messhöhe des Waggerätes, welches auch seitwärts der Messlinie stehen kann. Die Differenz zwischen der Summe der Rückblicke (Sr) und der Summe der Vorblicke (Sv) giebt H. (Fig. 2.)

Fig. 2.



Das erste Verfahren erlaubt Aufstellungen von wechselndem ungemessenem Abstand (nach der Sehkraft, dem Fall des Geländes etc.), die einfachsten Geräte, die wenigsten Hilfskräfte und die flüchtigste Behandlung, ist aber ungenauer und verlangt mehr Aufstellungen und Messungen. Es empfiehlt sich zu Kleinaufnahmen und vorläufigem Aufsuchen der Wegzüge. Das zweite gewährt grössere Abstände, erlässt die

Bestimmung von ii, hebt die Messungsfehler des scheinbaren Horizonts, der Strahlenbrechung u. s. w. auf, ist sicherer, daher zu endgültigen Absteckungen vorzuziehen.

§ 6. Die Waggeräte sind entweder Senkel- oder Libellen-Geräte. Von beiden Arten besteht eine grosse Auswahl mit sehr verschiedenem Grad der Leistungsfähigkeit, Leichtigkeit, Handlichkeit, Dauerhaftigkeit und des Wertes.

Ausser der Setz- und Bleiwage sind zur Aufnahme der Gelände-Querschnitte, zur Aufrichtung von Lattengestellen u. s. w. als brauchbare Senkelgeräte zu erwähnen: der Quadrantenstock, der Gefällmesser von Bose, Hurth, Boussat, Matthes (bez. Prager), der verbesserte Gefällstock Sickler's, der Patentgefällmesser Mayer's. Verwendbar zu gleichem Zwecke sind die meisten Baumhöhenmesser. Sie werden teils von Hand, teils mit einfüssigem Gestell gebraucht, dienen vorzugsweise zu flüchtigen Gefällermittlungen, zum Aufsuchen neuer Wegrichtungen, zur Absteckung endgültiger einfacher Bauten in Länge und Breite, überhaupt wo Zeit und Mittel beschränkt sind. Sie erlauben rascheste Aufstellung, verlangen aber ein gutes Auge (mit Ausnahme des Mayer'schen mit sog. Stampfer'scher Röhre) und namentlich ruhige Luft.

Die Libelle für sich, in einfachem Holz- oder Metallkästchen mit Glasverschluss, dient wie die Bleiwage und hat in Verbindung mit einem rechtwinkligen Dreiecks-Gestell die nämliche mehrseitige Verwendung, aber den Vorzug feinerer und stetigerer Leistung.

In Verbindung mit einfachem „Diopterlineal“, dessen Enden ein sog. Okular- und Objektivdiopter (Durchstich und Fadenkreuz) tragen, oder der Stampferschen Röhre (messingene Auszugsröhre mit gleichgrosser bikonvexer Linse an beiden Enden, das Fadenkreuz in der Mitte) oder mit astronomischem Fernrohr, mit oder ohne Höhenskala und Horizontalkreis, in verschiedener Verbindung mit einem Dreifussgestell, bestehen sehr mannigfache Libellengeräte. Erwähnt seien als mehrfach im Gebrauche erprobt und selbst zu den feineren Messungsarbeiten im Waldwegbau ausreichend (da sie noch Zehnteile eines Gefällprozentes sicher genug angeben):

Das Stampfer'sche Nivellierdiopter mit der Sickler'schen Höhenskala (Einstellung mittelst Mikrometerschraube und eingeteilter Trommel), mit oder ohne Horizontalkreis mit Nonius;

Das Staudinger'sche Nivellierdiopter mit Höhenskala und Nonius und doppelter Diopter-Vorrichtung (ohne Fernröhre).

Das Abney'sche Spiegeldiopter für den Waldwegbau, umgebaut von Rheinhardt und Dorrer — Forstliches Messinstrument von Dorrer.

Hiezu kommen die sog. Taschen-Libellen-Geräte mit Fernrohr, die Libellen-Geräte mit Boussole und Dioptern oder Fernröhre, endlich die sog. Universal-Instrumente. (Stoetzer).

Für die Zwecke des Waldwegbaus empfiehlt sich am meisten ein einfaches solides Senkelinstrument — etwa das von Sickler oder Matthes; Libelleninstrumente gestalten die Arbeit i. d. R. viel zeitraubender; Fernrohrinstrumente sind im Walde selten von Vorteil, weil das Gesichtsfeld durch die Stämme sehr eingeengt ist, die Arbeit mit ihnen wird auch dadurch erschwert, dass meist in gebrochenem Lichte gearbeitet werden muss.

Bei den Absteckungen braucht man zu den Waggeräten als Hilfsgeräte:

die Setzlatte oder das Richtscheit zur Messung in der Waglinie,

die Messlatte, bald mit fester, bald mit beweglicher Zieltafel (in letzterem Falle „Schieblatte“ genannt), zu den Gefäll-Absteckungen mit blossem Auge,

die Skalen- oder Reichenbach'sche Latte mit feinster Längenteilung (bis 1 cm) zu den Arbeiten mit bewaffnetem Auge (der Vorteil liegt hier in dem genaueren Ergebnis und der gesicherten Ablesung, unabhängig von den Lattenführern);

die Visierkreuze (oder Krücken), deren drei von gleicher Höhe, aber verschieden-

farbigem Anstrich vorhanden sein müssen, um zwischen genau eingemessenen verpfählten Punkten Seiten- oder Zwischenpunkte in beliebiger Zahl auf gleiches Gefälle einzurichten;

Messlatten, Messbänder oder sonstige Längemasse;

Kreuzscheibe, Absteckstäbe (gerade, leicht, mit weissem und rotem Farbanstrich je auf 0,2 oder 0,5 m Länge), Handbeil, Handsäge, Axt und Haue.

Zu guter Leistung ist alles Mess-Geräte reinzuhalten, gegen Nässe, grelles Licht und Beschädigung zu schützen, vor dem Gebrauch an Reibungsflächen einzuölen, zu prüfen und richtigzustellen. Beim Gebrauch ist auf genaue Wägung, Ablesung und sofortige Aufzeichnung zu halten, der Arbeitsgang zu regeln, jeder wichtige Punkt für Nachmessungen durch haltbare Verpfählung zu sichern (Rückmarke bei weichem Boden, am Wasser, bei Felsen oder Gerölle). Bei Durchhieben ist erst vorsichtig aufzuasten, nur nach endgültiger Annahme einer Linie ein voller Durchhieb zu führen. Der Genauigkeitsgrad und Aufwand richtet sich nach der Bedeutung des Unternehmens.

§ 7. Die erste Vorarbeit für einen jeden Wegbau besteht in einer genauen Aufnahme des Geländes, durch welches der Weg geführt werden soll. Dabei ist festzustellen die horizontale Entfernung und der Höhenunterschied der einzelnen Punkte, welche der Weg berühren soll, die Neigung und Beschaffenheit des von diesem durchschnittenen Geländes. Daran schliesst sich dann die Aufsuchung der geeignetsten Verbindungslinie (Gefälllinie) und weiter die Feststellung einer bequem fahrbaren, aus geraden oder regelmässig gekrümmten Linien zusammengesetzten Wegmittellinie.

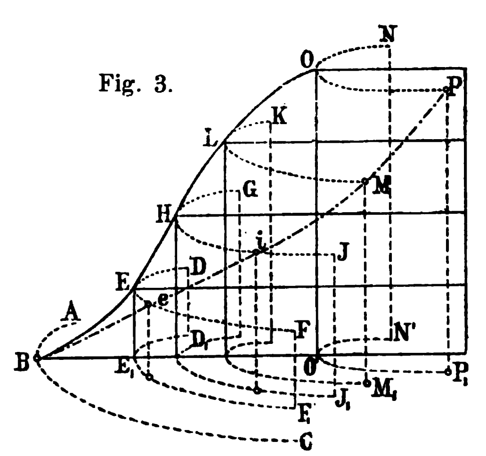
Die Bodenoberfläche ist im Walde nie regelmässig und bedarf zur Feststellung ihrer Längs- und Querrichtung der Längen- und Höhen-Bestimmung an so vielen angenommenen Punkten vom Anfangspunkt aus, bis im Wage- und Lotschnitt ein genügendes Bild gewonnen ist. Im Wageschnitt ergeben sich dadurch die Horizontalkurven, im Lotschnitt der Längsrichtung das Länge-, in der Quer- (oder Seiten-) Richtung das Querprofil. Die Richtung und Länge einer Geraden ist durch die Festlegung der Endpunkte bestimmt, jene einer gebrochenen oder Krümmungslinie erst durch die Zerlegung in so viele Teile als Brechungen oder Krümmungshalbmesser vorhanden, deren Längen, Winkel, Halbmesser und Höhenabstände alsdann zu bestimmen sind. Man pflegt hiebei die Linie der Wegrichtung („Zugslinie") durch Hauptpunkte in möglichst gleiche wagrechte Abstände von 10—50 m (Stationslängen) einzuteilen und streckenweise so viele Zwischenpunkte einzuschalten, als zur Darstellung der Profillinien nötig erscheint. Die Hauptpunkte werden verpfählt (Bodenpfahl) und fortlaufend gezählt (Nummerpfahl), die Zwischenpunkte mit beigefügten Buchstaben, Bruchzahlen oder dem Abstand vom Hauptpunkt bezeichnet. In der Längsrichtung ist genaue Verpfählung und Messung der Höhenabstände und sorgliche Beachtung der Wechselpunkte (wo die Durchschnittslinie ihre Neigung nach oben oder unten dreht) wegen der Fehlerfortpflanzung geboten. In der Querrichtung (senkrecht zur Längslinie, bei Krümmungen in der Richtung des grössten Gefälles) genügt geringere Messungsschärfe; dagegen werden keine Abstände von mehr als 3 m genommen. Die Nummer jedes Querstücks ist jene des zugehörigen Hauptpunkts (an welche die Messung sich anknüpfte).

Sind die Querschnitte an die Hauptpunkte des Längeschnittes durchweg angeschlossen und ihre Längen und Höhenabstände vermessen, so ist die Flächenabwägung als unentbehrliche Grundlage einer Bauunternehmung vollzogen. Alle Abwägepunkte jeder Richtung sind in der Wage- und Lotfläche in ein Zahlenverhältnis gebracht, aus welchem das regelmässige neue Verhältnis nach Anforderung der Bauzwecke abgeleitet werden kann. Da jedoch am gleichen Orte ähnliche Aufnahmen nötig fallen oder für den vorliegenden Zweck Aenderungen, Fortsetzungen oder Erweiterungen eintreten können, so gewährt die durchgreifende Geländeaufnahme und Darstellung ihrer Höhenverhältnisse und Oberfläche auf einem Plane bedeutende Vorzüge. Denn mit Hilfe

derselben lassen sich leicht sämtliche jetzt oder später in Absicht liegende Verkehrseinrichtungen übersichtlich und in grundsätzlichem Zusammenhang entwerfen, bevor man sie auf das Gelände einzeln überträgt.

Die Krümmungslinien, welche sich ergeben, wenn man die Bodenoberfläche einer Gegend in gleich grossen Höhenstufen auf ihrer Grundfläche (Wagfläche des tiefsten Punktes) auf Grund umfassender Höhenmessungen geometrisch einträgt, heisst man „Horizontalkurven“. Man benützt dazu den Situationsplan selbst, welcher mit Hilfe der Triangulation vermessen bereits eine grosse Zahl Höhenpunkte, die Wasserläufe und bestehenden Wege und Einteilungslinien, somit viele Anhaltspunkte bietet. Wenn z. B. an einem Bergrücken (Fig. 3) die untere Umfangslinie gleicher Höhe = ABC, von B nach E,H,L,O gleiche Höhenstufen den Rücken entlang gemessen, von diesen Punkten wagrechte Kurven DEF, GHI . . . NOP gelegt, eingemessen, ferner zur Prüfung die Höhenabstände und die Entfernungen der Kurvenendpunkte bestimmt sind, so lässt sich leicht jedes Kurvenstück auf die Grundfläche eintragen und dadurch im Plane die Bergform D'E'F' . . . N'O'P' darstellen, somit auch, da die senkrechten und wagrechten Abstände im Plane gegeben sind, für eine beliebige Steigung (= p %) die Entfernung berechnen, auf welche von einem unteren Anfangspunkt B über e und i nach M und P zu gelangen ist. Es sei jede Höhenstufe = h, die unbekannte Entfernung = E, so ist

Fig. 3.



$$p : 100 = h : E \text{ oder } E = \frac{h}{0{,}0p}.$$

Ein völliges Bild zum Ueberblick des Sachverständigen wird schon erzielt, wenn zu den augenfälligen Höhen- und Tiefenpunkten (Kuppen und Niederungen, Einsattlungen, Talmündungen), welche die Triangulierung liefert, Einzelmessungen längs der Hauptgeländelinien (desto mehr, je wechselvoller) hinzutreten, an den Bergabhängen die Böschungswinkel des grössten Gefälls gemessen und in Handrisse eingetragen, weiterhin aber in die letzteren von guten Standpunkten aus, mit häufiger Stellungnahme, Abschreitungen und Kontrollmessungen, nach freiem Auge die Geländebiegungen eingezeichnet werden (mit Vermeidung von Ueberfüllung). Höhenstufen von 10—20 m genügen für die Darstellung. Die Einzeichnung der Kurven beginnt von den trigonometrischen Höhenpunkten aus, nach oben oder unten, je nachdem ein nächsttieferer oder höherer Punkt, dessen Höhe ohne Rest mit h teilbar, ermittelt wurde. Zur Abkürzung des Verfahrens werden Tangenten-Tafeln benützt, welche die jedem Böschungsgrad (bis $^1/_2{}^0$) entsprechenden wagrechten Kurvenabstände bis auf Dezimeter angeben. Die genauere Aufnahme einiger geschlossener Kurvengürtel oder -Stücke bringt Sicherheit in diese Art von Geländeaufnahme.

Der trigonometrischen Höhenmessung könnte auch die barometrische ergänzend und ersatzweise zur Seite stehen, um die Zahl bekannter Höhenpunkte für die Geländezeichnung beliebig zu vermehren, und würde für Wegbaukarten namhafte Dienste leisten. Gerade für solche technische Zwecke zeigten sich aber die mit Quecksilber gefüllten Röhren von Manometern und Barometern zu unbequem. Das Bedürfnis führte daher nach unvollkommenen Versuchen zum ersten „Federbarometer“ (von Vidi 1847) — im wesentlichen eine luftleer gemachte Büchse von wellenförmigem Querschnitt, deren durch den Luftdruck eintretende Dimensions-Aenderungen durch einen Uebersetzungs-Mechanismus vergrössert und gemessen werden.

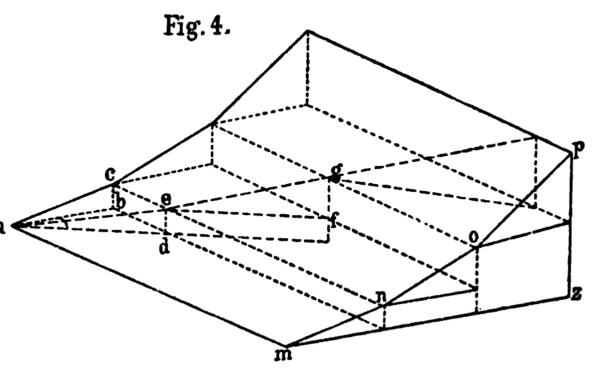
Die Handhabung eines solchen Feder- oder Metallbarometers ist einfach: meistens hat man nur den Stand eines Zeigers auf einer Teilung abzulesen (möglichst mit rechtwinkliger Visur zur Teilungsebene). Die Ansichten über die Brauchbarkeit der Messungsergebnisse sind jedoch noch geteilt. Das Ziffernblatt eines solchen Barometers von z. B. 12 cm Durchmesser ist, dem Quecksilber-Bar. entsprechend, in 16 Hauptteile (63—79 cm) und jeder in 10 ganze (und 20 halbe) Millim. eingeteilt; die Aenderung um 1 Skala-Millim. giebt einen Höhenunterschied von 9—12 m an. Aber die Ablesung mit Schätzung

zwischen den halben mm giebt, auf 0^0 der Temperatur reduziert, nicht die Gradveränderungen des Quecks.-Bar. an, da die Luftwärme und jene im Innern des Metall-B. sowie andere Umstände einwirken. Auch scheinen die Erschütterungen unterwegs in ungleicher Weise die Empfindlichkeit der Instrumente zu beeinflussen. Wenn also z. B. zwei Beobachter, von welchem der eine auf gleichem Stand von bekannter Höhe (am „Standbarometer") abliest, der andere von Höhen- zu Höhenpunkt geht („Feldbarom."), dann ihre Ablesungen gleicher Zeiträume mittelst Korrektionstafeln auf 0^0 Wärme umrechnen, so können dennoch Unsicherheiten von mehreren m Höhe bleiben. Also nur zur Bestimmung von Zwischenhöhen, für welche ein grösserer Genauigkeitsgrad nicht verlangt wird, ist der Federbarometer zulässig.

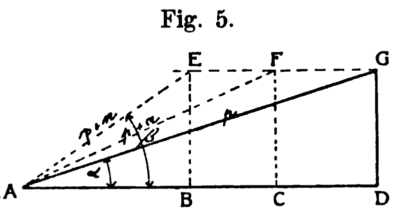
II. Die Anforderungen an den Bau der Einzelstrecken und ihren Zusammenhang im Wegnetz.

§ 8. 1. Die leichteste und sicherste Fortbewegung gewähren gestreckte Linienzüge; Abweichungen von der Geraden, bezw. Krümmungen mit kleineren Halbmessern lässt man eintreten, um grosse Bauhindernisse des Geländes, gefährliche, zu steile oder zu teure Strecken zu umgehen.

Wenn (in Fig. 4) auf der niedrigsten Höhenstufe $bc = h$ für die kleinste Entfernung $ab = d$ nur mit dem Prozentsatz $p = 100 \frac{h}{d}$ zu ersteigen ist, aber $p_{,} = 100 \frac{h}{D}$ den grössten zulässigen Prozentsatz ergiebt, so muss seitwärts in die Gerade $ad = D$ eingelenkt werden. Da $d : D = \frac{h}{0{,}0\,p} : \frac{h}{0{,}0p_{,}} = \cos\alpha$, so zeigt der Quotient $p_{,} : p$ den Winkel an, um welchen die Weglinie abgelenkt werden muss. In ähnlicher Weise bedingt die grössere Steigung der 2. Höhenstufe ($fg > de$) eine erneute Abweichung und Winkelberechnung zur Fahrbarkeit, Gleichheit des Gefälles, also Biegung der Richtung. Es lassen sich demnach die kürzesten Verbindungen durch Gerade und Einlenkungen im rechten Winkel nur in der Ebene oder schwach geneigtem Gelände erreichen, denn



2. Jede Wegbahn ist nur innerhalb bestimmter Gefällgrenzen brauchbar. Die Verbindung zweier Punkte ungleicher Höhe durch eine schiefe Ebene muss der bewegenden Kraft ermöglichen, ausser dem Eigengewicht so viele Last (Fuhrwerk und Ladung) zu fördern, dass der Kraftaufwand sich lohnt. Ein Umweg ermässigt das Gefälle, ein zu grosser aber verteuert zu sehr den Bau. Zur Ersteigung von h (Fig. 5) wird beim Prozentsatz p der Weg $AG = \frac{h}{\sin\alpha}$ nötig, beim Prozentsatz $p + n$



der Weg $AE = \frac{h}{\sin\beta}$. ($\sphericalangle GAD = \alpha$, $\sphericalangle EAB = \beta$), es wächst also der Weg im umgekehrten Verhältnis des Sinus des Neigungswinkels. Gehen wir von 5 % ($\alpha = 2^0 52''$) auf 7 % ($s = 4^0$) hinauf, so verkürzen wir den Weg im Verhältnis 2 zu 1,4, aber das

grösste Gefälle droht einen Mehraufwand an Zugkraft und Unterhaltung. Zwischen zwei Extremen vermittelt Erfahrung oder Berechnung das Gefälle $p + a$, welches örtlich entspricht.

Die Gefällgrenzen sind weitere bei gleitender Reibung als bei der geringeren rollenden und richten sich zugleich nach der Art der Bewegungskräfte (tierische oder mechanische) und nach der Richtung des Verkehrs mit beladenem Wagen (nur bergab oder auch bergan). Als Maximum können gelten

für Fahrwege oberer Ordnung 8 %
„ „ mittlerer „ 10 „
„ „ unterer „ auf kurze Strecken noch 11—12 %.

An Wendplätzen, Wegeinmündungen und scharfen Biegungen nicht über 5 %.

Für Reitwege wie bei Hauptwegen.

Für Fusswege bis zu 12, streckenweise noch 15 %.

Für Schleif-, Ries- und Schlittbahnen mindestens 10—12, höchstens 20 %.

Für Schienenwege, zu selbstthätiger Bewegung durch das Eigengewicht, 3—5, auf kurzen Strecken 7—8 % mit unmittelbar folgenden Ermässigungen auf 2—4 %.

3. Gegengefälle sind nur zulässig
a) zur Ersparung grosser Umwege,
b) zur Umgehung bauschwierigen, gefährlichen, nicht erwerbbaren (oder zu teuren) fremden Geländes,
c) zur Erreichung wichtiger Zwischenpunkte (Einmündungen, Sattelpunkte, Lagerplätze, Niederlassungen etc.)

4. Jedem Weg muss durch regelmässige Böschungen die nötige Haltbarkeit und Sicherheit verliehen werden.

Wegböschung heisst die Abdachungsfläche, welche von der Strassenkante auf- oder abwärts streichend die Bahn beiderseits begrenzt: obere im Geländeanschnitt (Abtrag), untere in der Aufdammung (Auftrag), äussere die talseits streichende. — Die Abdachungslinie AC heisst „Böschungsprofil“, AB ($= h$) „Böschungshöhe“ und BC ($= a$) „Ausladung“, C der „Auslaufpunkt“ (Böschungsfuss). Das Böschungsverhältnis wird ausgedrückt 1) durch den Winkel ACB ($= \beta$) 2) durch das Verhältnis $\frac{a}{h} = \cos \beta$ (kurzweg β, Böschungskoeffizient), wonach $a = h\beta$.

Fig. 6.

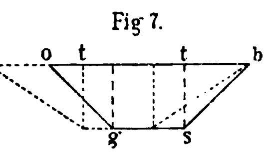
„Einfach“, „einfüssig“, „einmetrig“ oder ganz heisst die Böschung, wenn $a = h$ ($\sphericalangle \beta = 45^0$).

„Halbe“, „halbfüssig“, „halbmetrig“, wenn $a = \frac{1}{2} h$, $1\frac{1}{2}$fache, wenn $a = 1\frac{1}{2} h$ u. s. w.

Bei Böden von mittlerer Bindigkeit ist einfache Böschung Regel, nasser oder sehr lockerer Boden verlangt stärkere, sehr fester erlaubt schwächere Ausladung bis zu $\frac{1}{2}$ h, Felsboden enthebt der Abböschung. Künstliche Befestigung gestattet kleinste Ausladung (Ersparnis an Baufläche). Beim Mauerwerk ist der Ausdruck „Anzug“ (mit der Ausladung als Einheit) gebräuchlich: $1/n$ Anzug, wenn $n \cdot a = h$.

5. Jene Wegstrecken, welche nicht den trockenen Boden überdammen, werden mit Seiten- oder Strassengräben eingefasst.
a) um das zufliessende Wasser (Niederschläge, Quellen) den nächsten Rinnsalen oder künstlichen Versenkungen zuzuführen,
b) die Bauten vor Aufweichung, Abspülung etc. zu bewahren,
c) diese oder das Nachbargelände gegen Ueberschreitung zu schützen.

Die Ausmasse der Gräben (Fig. 7): ob = w (obere Breite oder Graben-Weite), gs = s (untere B. oder Grabensohle), og und bs (Böschung) und st = t (Tiefe) werden durch die Zwecke der Anlage bestimmt — Schutz- oder Wassergräben, bei letzteren durch die aufzunehmende Wassermenge. Bei mangelndem oder langsamem Ablauf grösstes Ausmass. Die Steilheit der Böschung hängt von der Widerstandsfähigkeit der Wände gegen die Angriffe des Wassers ab. Gewöhnlich genügen für w : 0,7 bis 1 m, für s : 0,2 bis 0,5, für t : 0,3 bis 0,5 m. Die Querprofilfläche Q berechnet sich am einfachsten aus



$$\frac{w+s}{2} \cdot t$$

Hieraus ermittelt man die Grabenquerschnitt der üblichen Ausmasse und stellt sie zur Ermittelung der Aushubsmassen und -Kosten tabellarisch zusammen.

Man sucht immer einiges Gefälle herzustellen. Bei einem Strassengefälle über 7 oder 8 % hat man die Sohle und Wände zu befestigen oder durch Querschwellen das Gefälle zu ermässigen.

6. Die **Breite eines Weges** richtet sich nach der Art und Grösse des Verkehrs. „Kronenbreite" heisst der Abstand der Wegkanten. Sie umfasst also die Breite der Fahrbahn (Stein- oder Schotterbahn) und der Geh- oder Seitenbahnen.

Die „Bauflächenbreite" enthält noch die Grabenweite und Böschungen bis zum Auslaufpunkt. Die angenommene (vorgeschriebene) Kronen- oder **Normalbreite** wird nie verschmälert, dagegen örtlich oft erweitert (Ausweichstellen, Kehren, Einmündungen, Schotterplätze etc.).

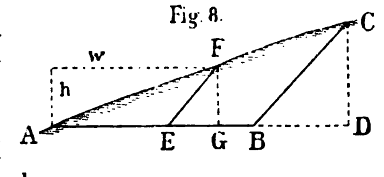
Mit der Wegbreite wächst

a) die Grösse der Baufläche, welche die ertragsfähige Fläche verringert oder erworben werden muss,

b) die Höhe der Anlage- und Unterhaltungskosten,

am Berghang desto mehr, je grösser der Neigungswinkel, so dass der wirtschaftliche Erfolg auf Null sinken kann.

Wenn die Neigung eines Berghanges durch Messung von AG = w und FG = h, das Böschungsverhältnis β der Weganlage durch EG : FG bestimmt, die Wegbreite „im Abtrag" AB = a, die Abtragshöhe CD = H ist, so berechnet sich aus $w - h\beta : h = a : H$ und aus $\frac{1}{2} a . H$ die Abtrags-Querfläche $q = \frac{a^2}{2} \cdot \frac{h}{w - h\beta}$.



Eine Wegverbreiterung um x führt zu der grösseren Querfläche $Q = \frac{(a+x)^2}{2} \cdot \frac{h}{w - h\beta}$ d. h. zu einer von x und dem Neigungswinkel FAG abhängigen Kostenvermehrung.

Beim allgemeinen Fahrbetrieb muss der Bau der Fahrzeuge (Spurweite) und die übliche Beladungsweise beachtet werden; beim Selbstbetrieb kann die Spurweite und Bahnbreite auf die engsten Grenzen eingeschränkt werden. Jede Bahnart soll räumlich genug für die Ladung und Abfuhr, aber für billigste Förderung bemessen sein. Man bemisst meistens

bei Hauptwegen die Fahrbahn zu	. . . .	4,2 bis 5 m
„ Gehbahn „	. . . .	0,6 „ 1,2 „
	Kronenbreite	4,8 bis 6,2 m
bei Wegen mittlerer Ordnung	. . . . „	4,2 bis 5,0 m
„ „ unterer „	. . . . „	3,6 „ 4,0 „

bei Schleif- und Rieswegen	. . . . Kronenbreite	2,4	bis	3,0 m
„ Schlitt- und Reitwegen	. . . . „	1,8	„	2,2 „
„ Fusswegen (sog. Hutpfaden, Pirschwegen etc.) .	„	0,8	„	1,5 „
„ Schienenwegen (für 0,6 bis 0,7 m Spurweite der Geleise)		1,0	„	1,5 „

7. Die Zugsrichtung und Bringungsweisen müssen so gewählt werden, dass sie den geringsten Bau- und Unterhaltungsaufwand verursachen, die ertragreicheren Waldteile am besten erschliessen, die Beibringung erleichtern und die Förderkosten auf den mässigsten Satz bringen.

Langgestreckte Aufdammungen und Bodeneinschnitte (Hohlgassen), hohe Felsböschungen und Stützmauern verteuern die Anlagen und erschweren den Gebrauch derselben.

Gegen Störungen, Schädigungen und Unfälle müssen schon bei der ersten Anlage sichernde Vorkehrungen getroffen werden, so namentlich

a) gegen Angriffe des Wassers (Stauung, Ueberflutung, Abschwemmung, Unterwühlung), Schneeverwehung, Eisbildung, Lawinen;

b) gegen Erd- und Felsabstürze;

c) gegen Beschädigung durch die Holzbeibringung selbst (Anlassen der Stämme etc.)

8. Aeltere Wege sind zu prüfen, ob und inwieweit ihre Richtung und Zugslinie, Breite, Gefällverhältnisse, ihr Bauzustand u. s. w. ihre Beibehaltung und Einfügung in das Wegnetz rechtfertigt.

*§ 9. Grössere Waldungen mit geordnetem Nachhaltbetrieb bedürfen auch planmässiger Bringungseinrichtungen. Kleinbesitz kann nur mit landwirtschaftlichem oder mit dem nachbarlichen Waldbesitz der wirtschaftlichen Ausbeutung erschlossen werden.

Die Ausführung von Wegbauten oder sonstigen Bringungsanstalten wird für den Waldeigentümer nur dann ratsam sein, wenn er erwarten darf, dass der so bewirkte Mehrertrag ausreiche, um das für den Wegbau aufgewendete Kapital zu verzinsen und in einem Zeitraum von etwa 30 Jahren zu amortisieren. Am besten geht man m. E. dabei aus von dem Vorrat an haubaren Hölzern, für deren Abfuhr der geplante Wegbau wichtig sein wird, und veranschlagt die Preissteigerung, die durch den Wegbau für diese Hölzer hervorgerufen wird. Reicht der aus dieser an der binnen 10 bis allenfalls 30 Jahren zu verkaufenden Holzmasse zu erwartende Gewinn aus, um das Baukapital zu 1—2 % zu verzinsen und in dem genannten Zeitraum zu amortisieren, sowie die erhöhten Wegunterhaltungskosten zu decken, so ist der Wegbau gewiss vorteilhaft. Je reicher der aufzuschliessende Wald an wertvollen Althölzern ist, um so eher wird auch ein kostspieliger Wegbau rentieren.

Bei der Auswahl der Bringungsanstalten und ihrer Verbindungsarten spielen die zwei Fragen

I. Allgemeiner Fahrbetrieb oder Selbstbetrieb durch den Waldbesitzer,

II. Benützung lebendiger oder mechanischer Zug- (bezw. Trieb-)Kräfte

eine grosse Rolle.

Der allgemeine Fahrbetrieb ist in Waldungen, die schon längere Zeit dem Verkehr erschlossen sind, die Regel, und stellt sich, wo Fuhrwerksbesitzer in genügender Anzahl zur Verfügung stehen, meist billiger als der Selbstbetrieb. Er macht Fahrwege nötig, welche in der Breite und Stärke des Oberbaus den ortsüblichen Fuhrwerken — Breite der Wagen — Ladungsvermögen — angepasst sind, und an die alles zu verkaufende Holz in der Regel gerückt werden sollte.

Auf Schleif-, Schlitt- und Rieswegen wird der Transport meist durch die Holzhauer im Auftrag des Waldeigentümers vollzogen.

Zum eigentlichen Selbstbetrieb, mit Beschaffung aller Einrichtungen, Bestreitung der Instandhaltung, aber auch mit ungeteiltem Genuss des ganzen Gewinnes, eignen sich — abgesehen von dem kleinen Waldbesitz, bei dem der Eigentümer wie die Holzgewinnung auch den Transport fast ausschliesslich mit den eigenen Arbeitskräften besorgt — beinahe allein die Waldbahnen. Sie beanspruchen Schienengeleise, welche an und für sich ortsübliche Fuhrwerke ausschliessen oder nur bedingt zulassen. Ebenso ist der Selbstbetrieb Regel bei den Drahtseilriesen[2]).

Die tierische Zugkraft kann über ihre natürliche Grenze nur auf Kosten der Geschwindigkeit zu gunsten der Lastvermehrung oder umgekehrt etwas gesteigert werden, ist aber täglich höchstens 8 Stunden verwendbar, um leistungsfähig zu bleiben. Die Leistung ist nur dehnbar durch Verbesserung der Bahnen und Fahrzeuge, aber von der Gattung, dem Schlag, Alter, Gewöhnung, Führung, Witterung u. a. abhängig und an ein kurzes Lebensalter gebunden. Zwar kann die Arbeitsstelle leicht gewechselt, die Leistung oft billig (z. B. in der landwirtschaftlichen Ruhezeit) gemietet werden, dagegen bedingen Wartung, Fütterung und Führung für die Tiere auch mehr Fuhrleute, Geschirre u. s. w. und die Abhängigkeit von der Viehzucht der Gegend, von der Neigung und Beschaffenheit des Waldbodens sind unvermeidliche Schattenseiten.

Die mechanische Zug-(Trieb-)Kraft hat den Vorzug der Verwendbarkeit in beliebiger Zeit und Grösse und an jedem Orte, der Gleichförmigkeit der Bewegung, der Regelung und Steigerung der Geschwindigkeit, der Beschränkung und Schonung der Bahnen, der Unabhängigkeit gegen aussen, jedoch sie erfordert eigenartige, oft teure Anlagen, deren anderweitige Verwendung mit anderen bewegenden Kräften nicht immer angeht, und sich wegen der hohen Anlagekosten nur lohnt, wenn ständig grosse Massen zu bewegen sind.

Die wirtschaftlichen Zwecke werden daher am besten gefördert, wenn Bringungsanstalten gewählt werden, welche für die örtlichen Verhältnisse die V o r t e i l e w e c h s e l n d e r o d e r z u s a m m e n g e s e t z t e r V e r w e n d u n g v e r s c h i e d e n e r M o t o r e n zu vereinigen suchen. Dabei kann an Kraft und Kosten gespart werden, indem man die sog. tote Last vermindert (längeres Lagern, Entrinden, Spalten des Holzes),

die Bahnen teils als ständige für bestimmte Förderungsweisen so einrichtet, dass die Förderung die geringsten Widerstände und Hindernisse findet, teils als unständige dann und an jenen Orten, wann und wo man ihrer bedarf und wie die billigsten Motoren sie verlangen,

für leichte und gefahrlose Ladung und Entladung leistungs- und verbringungsfähige Hebzeuge einführt.

In der Ebene werden desto weniger ständige feste Hauptbahnen hergestellt, je teurer ihre Anlage ist, so namentlich auf sandigem und moorigem Boden. Nur wenige Arten der Förderung stehen zur Wahl. Im Gebirge sind ganz andere Bedingungen zu erfüllen. Die Nachteile der Unzugänglichkeit der Holzschläge für Spannfuhrwerk, die Schwierigkeiten und Gefahren der Holzausbringung, der drohende Schaden am bleibenden Holzbestand müssen tunlichst durch mechanische Vorrichtungen ausgeglichen werden. Den grösseren Kosten für Wegbau und Wegpflege steht eine viel grössere Ersparnis an Bringungskosten (Arbeitslohn), ein geringerer Schaden und Holzverlust und eine namhaftere Steigerung der Holzpreise gegenüber, vorausgesetzt dass für den Umfang der Wegbauten folgende Abwägung stattfindet:

---

2) Bei der Beschränktheit ihrer Verwendung, infolge deren ihre Bedeutung ganz in den Hintergrund tritt, und ihrer Eigenartigkeit können sie hier nur erwähnt werden.

1. Stehen hohen Bringerlöhnen niedere Baukosten gegenüber, so lohnt sich die Vermehrung der Anlagen (120—150 m Abstand).

2. Bei grosser Ungunst des Bodens und der Lage an Orten mit niederen Löhnen behält man umgekehrt grössere Wegabstände bei (bis 250 m und darüber).

3. Ein grosser Reichtum an wertvollen Holzvorräten verspricht bei Vermehrung der Bauten eine um so grössere Ersparnis an Löhnen im Vergleich mit den Bau- und Unterhaltungskosten, je billiger die letzteren sind.

4. Dünne geringwertige Bestockung und schwierige Bauverhältnisse (steile und felsige Hänge) bedingen die grössten Wegabstände mit Einschaltung einfacher Bahnen (Schlitt-, Rieswege etc.).

5. Ein zusammengesetztes Netz von Hauptwegen und Zwischenbahnen gestattet grösseren Abstand der ersteren und vermittelt die Gegensätze zwischen den Bau- und Bringungskosten.

Der Waldeigentümer ist also zur Erreichung der grössten Vorteile je nach der Lage und Beschaffenheit seiner Waldungen bald darauf angewiesen, dieselben den ortsüblichen Fuhrwerken völlig zu erschliessen, bald zum Selbstbetrieb der gesamten Holzbringung hingedrängt, bald vor die Wahl eines Bringungssystems gestellt, welches einen grösseren oder kleineren Teil des Bringungsgeschäfts anderen Unternehmern einräumt. Eine grundsätzliche Entscheidung darüber ist geboten, um die Art und den Umfang der Bringungsanstalten systematisch zu regeln und das Waldwegnetz hienach vorzubereiten und zielbewusst durchzuführen.

§ 10. Das Wegnetz. Sollen die Bringungseinrichtungen durch völlige Erschliessung des Waldganzen ihrer Aufgabe entsprechen, so müssen sie in ihrer innigen Verbindung ein „Wegnetz“ bilden oder im Bedarfsfall durch verlegbare Zwischenbahnen verbunden werden können. Dies erfordert folgendes:

1. Ein Bauplan muss für alle Einzelstrecken die gegenseitige Lage und Verbindung, Bauart und Bauzeit regeln.

2. Der Wegnetz-Entwurf und die wirtschaftliche Waldeinteilung müssen in engem Zusammenhang stehen.

3. Ueber die Richtung und Entfernung der Hauptwege und über die Zahl und Art der verbindenden Zwischenbahnen müssen für das ganze Wegnetz feste auf die Erfahrung gestützte Grundsätze walten.

4. Die Hauptwegzüge müssen zuerst, mit Rücksicht auf die Absatzrichtungen, festgelegt werden.

5. Der Bau muss dem Hiebsplan gemäss beginnen und fortrücken.

Der Entwurf erfordert genaue Ortskenntnis und wird in einen Waldplan (Uebersichtskarte im Massstab von 1 : 6000 bis 25000, je nach der Grösse der Waldfläche) eingezeichnet, welcher die Bodenformung, Wasserläufe und Wasserscheiden, die schon vorhandenen Verkehrslinien und die Anknüpfungspunkte in der Umgebung ersehen lässt. Standörtliche, wirtschaftliche und rechtliche Verhältnisse beeinflussen diesen Entwurf.

In der Ebene besteht meistens schon eine regelmässige Jagen- oder nahezu rechtwinklige Schneisenteilung, nordsüdlich und westöstlich oder von SW nach NO für die Haupt- und in R^0 dazu für die Seitengestelle. Sie bilden auch das Wegnetz, mit streckenweisen Ausnahmen aus wegbaulichen Gründen (Sandhügel, Moorflächen, Gewässer u. s. w.) und sind nur an Aussenstrassen anzuschliessen oder mit neuen Verkehrsanforderungen in Einklang zu bringen.

Für das Hügelland und Gebirge kann ein entsprechendes Wegnetz nur mit Hilfe eines Waldplans mit Geländezeichnung sicher entworfen werden. Fehlt dieselbe, so muss sie durch eine Aufnahme der Horizontalkurven beschafft werden.

In Fig. 9 ist die Aufnahme und Zeichnung der Kurven eines Geländestückes und ihre Benützung zum Entwurf eines Wegnetzes dargestellt. Zwischen der durch Nro. 112 bis 114 gegen N. und durch Nro. 31—34 gegen S. angedeuteten Waldgrenze zieht von

Fig. 9.

W. nach O. ein Haupttal mit der Landstrasse ABC. In dasselbe mündet ein sog. Quertal. Durch die Waldgrenzen, die Strasse, Wasserläufe, Einteilungslinien und die trigonometrischen Höhenpunkte (△) A, d, b, k und g sind die Anhalts-Punkte und -Linien gegeben, von und längs welchen die weiteren Höhenbestimmungen stattfinden sollen, in Verbindung mit der Aufnahme der Horizontalkurve bKJ . . . als Zugslinie

eines künftigen Fahrwegs und des (punktierten) Kurvenstücks, welches unter △ d hindurch die beiderseitigen Talwände entlang zieht und unter □ f und □ h durch Messung des wag- und senkrechten Abstands festgelegt wird. Die vielen offenen Linien lassen nach jeder Richtung die Kenntnis der Bodengestaltung ergänzen.

Die ausgeführte Kurvenzeichnung wird für den Wegnetz-Entwurf in der Weise benützt, dass man nach der Auswahl der Zugsrichtungen die passenden Anknüpfungs- und Berührungspunkte (z. B. bei Punkt B der Talstrasse, D über dem Talboden, □ h Sattelpunkt, H Rampe) bestimmt, die mutmassliche Weglänge z. B. BD mit dem Zirkel abgreift, die Kurven-Abstände (= 3 h) zählt, aus 3 h : BD (Prozentsatz 0,0 p) die Schnittlänge ($l = \frac{h}{0,0\ p}$) berechnet, mit welcher der Zirkel von B aufwärts bis D die Kurven schneiden muss. Sind in gleicher Weise die Hauptwegzüge probeweise durchgeführt und ineinander geleitet, so muss die Geländebegehung über die Durchführbarkeit verlässigen und wo nötig eine Berichtigung oder Ergänzung folgen. Bei Hauptlinien ist eine flüchtige Absteckung oft ratsam, bevor man weitere Linien anschliesst.

Bei jedem Wegnetz-Entwurf ist eine Hauptfrage jene nach den Absatzorten und den dahin führenden baufähigsten, walderschliessenden Linien, sodann jene nach den geeignetsten Uebergangspunkten über die Täler (für Ueberbrückungen), über die Höhen (Pässe) und Wendepunkte (zu Rampen). Der Hauptverkehr pflegt sich in den Tälern zu bewegen, soweit sie dem Wegbau zugänglich sind. Von ihnen setzt er sich in sog. „Steigen“ die Seitentäler und Berghänge hinauf über die niedrigsten Sättel oder Pässe in die Nachbartäler fort. Oder er bewegt sich auf „Hochstrassen“ längs den Hochebenen oder quer über dieselben hin, zieht sich zuweilen auch auf solchen Strassen, die Bergkuppen und langen Höhenzüge umgehend, von einem Passe zum andern, indem er mehrere Steigen an ihrem oberen Ende aufnimmt.

An diese Hauptlinien schliessen sich, je grössere Waldflächen sie umrahmen, desto mehr Weglinien der unteren Ordnungen an:

Wege II. Ordn. am unteren Saum, wenn zahmes Gelände den Wald von der Talsohle trennt; in die Seitentäler hinauf, soweit das Gefälle derselben es zulässt; längs den Berghängen in $^1/_3$ oder $^3/_5$ ihrer Höhe, wenn die Entfernung bis zur Wasserscheide die Holzbeibringung auf andere Weise zu teuer und beschwerlich macht.

Wege III. und IV. Ordn. — die steileren Täler oder Talstrecken hinauf und in die Holzschläge hinein, wo möglich nach unten auf Holzlagerplätze auslaufend.

Das Wegnetz muss den Aufwand an Kraft, Zeit und Kosten für die Holzbeibringung auf das niedrigste Mass bringen.

Ein einfaches Bausystem empfiehlt sich für Hügelland und Vorberge mit wenigen Wasserläufen, regelmässigem geordnetem Schlagbetrieb, zumal bei Brennholz- oder Kleinnutzholzwirtschaft; Kombinationen mannigfacher Art müssen im grossen Gebirgswalde, abseits von den Wohnorten, bei Arbeitermangel, bei grosser Nutzholzwirtschaft mit natürlicher Verjüngung Platz greifen. Die Bodenausformung, die Wirtschafts-, Absatz- und Lohnverhältnisse schreiben die Wegnetzform und den Abstand der Wege oft so deutlich vor, dass es keiner rechnerischen Ermittelung bedarf.

Die Waldeinteilung tut dies durch ihre Anforderungen oft auch, denn sie muss die Hochflächen und Bergkuppen von den Einhängen, muss an hohen Wänden den oberen vom unteren Hang trennen, wobei Umsäumungs- und Gehängwege die besten Trennungslinien sind. Das sind auch die Talwege und streckenweise die Steigen.

Da ohnehin ein Waldganzes in eine Anzahl selbständiger Abteilungen (Distrikte, Gehaue) zerlegt werden und jeder Teil für sich zugänglich sein muss, so wird deren Form und Grösse am besten gleichzeitig mit der Formung des Wegenetzes bestimmt.

Die Vorzüge der regelmässigen Jagen- oder Schneisen-Teilung sprechen für ihre Anwendung, soweit sie fahrbare Linien gewährt. Dann ist die Einteilung die Grundlage des Wegnetzes.

Wo jedoch die Geländeform ihre Vorteile in Frage stellt, hat die Waldeinteilung sich dem Wegnetz anzubequemen, da die Bringungsanstalten viel wichtiger für die Wirtschaft sind, als die Form der Wirtschaftsfiguren. Es verdient überhaupt jenes Wegsystem den Vorzug, welches bei mässigem Anspruch an Baufläche, Bau- und Unterhaltungskosten der Forstbenutzung genügenden Vorschub leistet und mit der Waldeinteilung sich verschmelzen lässt.

Die zweckmässigste Grundform für die Einteilung und das Wegnetz ist jene des Rechtecks, teils weil sie den Geländeformen sich besser anpassen lässt, als die Quadratform, teils weil sie in bezug auf die gesamte Weglänge und die durchschnittliche Bringungsweite die zweckdienlichste Vermittlung bietet. An Berghängen hört die rechtwinklige Teilung auf, sobald das natürliche Gefälle 10% übersteigt, in Wirklichkeit oft schon bei geringerem Durchschnittsgefälle wegen der vielfachen Wechsel.

Wichtige Gesichtspunkte für ein Wegnetz sind noch:

1) Dass Hauptwege mit solidem Ausbau sich nur für lange Strecken, grosse Massenförderung und ständigen Gebrauch lohnen, wenn die Gegend genügende und billige Fuhrwerke und Zugkräfte bietet;

2) für billigste, rascheste und jederzeitige Beifuhr aus grossen reichbestockten Waldmassen in wenigen stetigen Absatzrichtungen ein Netz von festen und beweglichen Schienenwegen die höchste Leistung verspricht;

3) leichte Erd- und Holzbauten oder bewegliche schmalspurige Schienenwege für aussetzenden Betrieb und niedrigen Waldertrag genügen müssen;

ferner für die Ebene

4) der Grad der Zugänglichkeit des Waldesinneren für Spannfuhrwerk (fester trockener Boden oder Bruchboden, zahlreiche Wasserläufe oder keine, Hoch-, Mittel- oder Ausschlagwald);

5) die Anforderungen der Erzeugnisse an die Tragfähigkeit der Wegbahnen (Brenn- und Kleinnutzholz lässt sich in beliebige Ladungen verteilen, Stammholz nicht);

für Ebene und Gebirge

6) die Rücksicht auf die herrschenden Winde bei Bestimmung der Zugsrichtungen;

für das Gebirge

7) die Zahl der Talgebiete, welche das Wegnetz umfassen soll, die Höhenlage des Waldes und die Lage der Absatzorte über oder unter demselben;

8) die Zugänglichkeit der Täler und Berghänge für eigentlichen Wegbau oder lediglich für Bringungsweisen auf schmaler oder ohne Bahn, die technische Güte der vorhandenen Gesteine zum Bauen u. s. w.

In der Ebene wird der Abstand schlagbildender Quadratnetze am besten 300 bis 450 m sein (Flächen von 10—20 ha), im Gebirge dagegen bei gutem Baugrund und voller Bestockung für die Gehängwege zwischen 100 und 300 m, für Wege oberer Ordnung bei schwierigem Gelände bis gegen 600 m betragen müssen, jedoch mit Einfügung von Zwischenwegen unterer Ordnung. Engere Wegnetze entwickelt man nur für Schleif-, Schlitt- und Riesbahnen.

Die leichte Beschaffbarkeit schmalspuriger Schienenwege und der dazu gehörigen Fahr- und Hebzeuge macht es heutzutage rätlich, die Waldwegnetze nur in grossen Zügen auszubauen und jeden weiteren teuren Einbau sorglich zu erwägen.

III. Die technischen Vorarbeiten für den Einzelbau.

§ 11. Der Bau jeder Einzelstrecke eines Wegnetzes wird damit eingeleitet, dass man eine Anzahl Punkte in Sehweite bis zum Endpunkte auf das Gefälle und den Linienzug einrichtet und verpfählt, das Längenprofil und die Querprofile der verpfählten Punkte aufnimmt, die Ab- und Auftragskörper misst und berechnet (oder auf Grund einiger Messungen nur anspricht) und die Kosten danach veranschlagt. Diese technischen „Vorarbeiten“ weisen die Durchführbarkeit nach und liefern die Unterlagen, um nach der Grösse und den Kosten des Baues die Art des Arbeitsvollzugs zu bestimmen und die nötigen Kräfte und Mittel zu beschaffen.

In der Ebene ist die Absteckung, sofern keine Bauhindernisse (z. B. Gewässer) entgegentreten, eine einfache geodätische Aufgabe.

In Berg- und Hügelland besteht dieselbe darin,

entweder die gegebene Richtung einzuhalten, ihre Gefällverhältnisse zu ermitteln und deren Regelung für die Fahrbarkeit anzustreben (Benützung einer Grenze, Schneise, eines Talzugs),

oder unmittelbar mit dem Gefällmesser den tauglichen Gefällzug aufzusuchen und den gefundenen Linienkomplex fahrbar umzuformen.

§ 12. In gegebener Richtung weist die Gesamtlänge und der Höhenunterschied das Durchschnittsgefälle nach, der Höhenabstand der Einzelstrecken die Gefällwechsel, das Bedürfnis und die Möglichkeit der Regelung. Auf graphischem oder rechnerischem Wege ist dann zu ermitteln, ob und um wieviel das Einzelgefälle der Strecken $s_{,}\ s_{,,} \ldots (= \frac{h_{,}}{s_{,}}\ \frac{h_{,,}}{s_{,,}} \ldots)$ vom durchschnittlichen der Gesamtstrecke S $(= \frac{H}{S})$ in positivem oder negativem Sinne abweicht, ob und wie durch streckenweise Auffüllung oder Abgrabung das Durchschnittsgefälle herzustellen oder ein zwar wechselnder, aber doch fahrbarer Gefällzug einzurichten sei. Dabei lässt eine Vergleichung zwischen den Summen der Abtragshöhen und der Auftragshöhen — bei Gleichheit der Einzelstrecken — summarisch beurteilen, ob die Massen des Abtrags mit jenen des Auftrags sich ungefähr decken und die Zugslinie ohne unnötige Kostenvermehrung mit dem Durchschnittsgefälle ausgeführt werden kann.

In Fig. 10 giebt die Geländelinie (Längenprofil) ABC ..... F für das mittlere Gefälle p (= 100 FG : AG) nahezu Gleichheit des Abtrags bei B und E mit dem Auftrag bei C, somit Annehmbarkeit des Gefälles p, dagegen für die längere Linie ABC ... N (Gefälle q = 100 MN : AM) fast nur Abtrag. Es bietet sich jedoch ein annehmbarer Ausweg in der Wahl eines gebrochenen Gefällzuges mit 2 Gefälllinien: Ae und eN oder mit 3: Ab, be, eN. Auch für diese ist beiläufige Verlässigung über die Massenausgleichung durch Berechnung der Ab- und Auftrags-Differenzen wie oben ratsam, jedoch mit der Erwägung, dass

Fig. 10.

1) die Geländehöhen über und unter der Gefälllinie nur für das Längeprofil richtig sind (in der Querrichtung kann das Gelände steigen oder fallen);

2) die Ab- und Auftrags-Querflächen (und Massen) von den Böschungsverhältnissen beeinflusst und

3) dass die Massen und Höhen des Ab- und Auftrags keineswegs proportional sind.

Die angedeuteten Vergleichungen zeigen nur beiläufig, ob die gewählte Richtung einen fahrbaren Wegzug gibt, wie die Kosten auf ihr geringstes Mass zu bringen sind, welche Bau-Schwierigkeiten sich entgegenstellen, ob sie zum Aufgeben

der Richtung zwingen oder — z. B. durch streckenweise Seitenablenkung — zu umgehen sind.

Sollte bei stufenweisem Gefällbruch (Ab, be, eN) eine regelmässige Gefäll- Zu- oder Abnahme von unten nach oben beabsichtigt werden, so lässt sich für n Gefäll-Uebergänge, nach Annahme einer bestimmten Grösse d für das Wachsen oder Fallen des Prozentsatzes p, bei gleicher Grösse L : n der Strecken, in welche die Gesamtlänge L mit der Gesamthöhe H zu zerlegen ist — das Anfangsgefälle a aus dem Ansatze finden:

$$\frac{L}{n}\left(\frac{a}{100}+\frac{a\mp d}{100}+\ldots\ldots+\frac{a\mp d\,(n-1)}{100}\right)=H$$

woraus

$$a=\frac{100\,H}{L}+\frac{n-1}{2}\,d=p\pm(n-1)\,\frac{d}{2}.$$

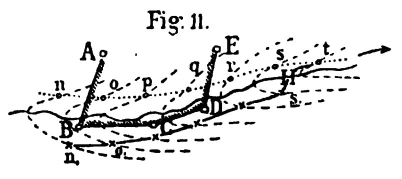
Ebenso könnte aus dieser Gleichung für ein gewähltes Anfangsgefälle a die Differenz d berechnet werden, um die Höhe H zu ersteigen.

§ 13. Sind wie z. B. in Fig. 9 auf der Wegnetzkarte die Punkte bezeichnet, welche durch Wege zu verbinden sind, so wird kein Durchbauen in gerader Richtung, sondern im zulässigen Gefällsatz in das Auge gefasst, um durch Ausbiegen nach den Geländekurven die günstigsten Baubedingungen und fahrbarsten Zugslinien zu erlangen. Der gegenüber der kürzesten Richtung einzuschlagende Umweg ist durch die Rücksicht auf die Fahrbarkeit, Sicherheit und Kostenersparnis gerechtfertigt. Die Aufgabe ist, vom Ausgangs- nach dem Zielpunkt in der genehmen Richtung und Steigung mit einem auf den Prozentsatz eingestellten Gefällmesser vorzugehen, indem man, zur ersten Verlässigung, mit Einrichten nach vorwärts einen Gehilfen mit der Schieblatte am Ende der Strecke l aufstellt und auf die Höhe l . 0,0p einvisiert, den Punkt verpfählt (Boden- und Nummerpfahl), hier den Gefällmesser und am Ende einer zweiten Strecke die Schieblatte zum gleichen Vorgange Aufstellung nehmen lässt. Sind die Strecken stets = l, so ist nach n Aufstellungen aus n . l . 0,0p die erstiegene Höhe und die noch zu ersteigende Resthöhe rasch zu finden. Begegnet die Absteckung in der einzuhaltenden Kurvenlinie eine dem Bau unzugängliche Geländestrecke (Schlucht, Felsabsturz, fremdes Feld . . .), so kann

a. davor gewendet und in einen Gegenzug (Widergang) eingelenkt,
b. das Gefällprozent einige Strecken weit verändert oder
c. eine andere Richtung oder Thalseite aufgesucht werden.

Es sei z. B. (Fig. 11) für die Thallinie nop . . . t das Grundstück AB . . E nötig, aber zu teuer. Da von t aber bei gleichem Gefälle der Bach mit billigem Dohlen gegen s, überbaut werden kann, so wird die Linie s, ... o,n, den Anstand umgehen und den gleichen Zweck erfüllen. Der Fall lehrt zugleich, wie man eine bestimmte Richtung mit gleichem oder Wechselgefäll auf verschiedenen Zugslinien einhalten und dabei den günstigsten Bauverhältnissen nachstreben kann.

Fig. 11.



Wird ein erstrebter Endpunkt mit dem anfänglichen Gefälle nicht ganz erreicht oder überstiegen, so muss bei namhafter Differenz ($\pm v$) das irrige p (aus 100 h : L) nach der wirklichen Höhe ($h \mp v$) berichtigt und mit dem richtigen Prozentsatz $p+\delta=100\,\frac{h\pm v}{L}$ die Absteckung wiederholt werden.

Bei minder wichtigen Linien können auch die verpfählten Punkte mit Hilfe der

Setzwage nach einem Berichtigungssatz (ε) für jede beliebige Entfernung D vom Anfangspunkt um $x, x_{,,}, x_{,,,}$ auf- oder abwärts versetzt werden, nämlich

$$L : v = D : x, \text{ daher } \pm x = D \cdot \frac{v}{L} = D \cdot \varepsilon,$$

was jeder auf den Gebrauch der Setzwage eingeübte Gehilfe besorgen kann.

Ist der Betrag v gering, die Weglänge aber bedeutend, so lässt er sich auf beliebiger Endstrecke, deren Gefälle allein geändert wird, **nach rückwärts** ausgleichen. Man schneidet dann mit dem Gefällmesser vom richtigen Endpunkt aus im **ausgleichenden Prozentsatze** p_1 die anfängliche p prozentige Gefäll-Linie in W, wozu entweder für eine bestimmte Endstrecke $CW_1 = l$ das Prozent $p_{,} = p \pm \delta$ oder umgekehrt l für p' zu berechnen ist (Fig. 12):

Fig. 12.

Wenn $AB = L$, $BD_{,} = l$, $BH = H$ und $BC = h$, so ist allgemein

$$(L - l)\frac{p}{100} + l\frac{p - \delta}{100} = h, \text{ woraus, da } L\frac{p}{100} = H,$$

$$l = 100\,\frac{H - h}{\delta} \text{ oder } \delta = 100\,\frac{H - h}{l}.$$

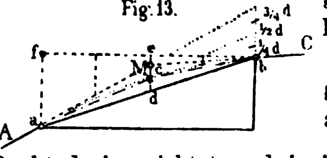
Es erübrigt dann nur die Gefällabrundung am Wechselpunkt W (welchen man auf eine Krümmung der Weglinie zu legen sucht, um ihn dem Auge zu entziehen).

Eine andere Anwendung des Rückwärtsschneidens macht man, wenn ein Gefällzug auf Bauschwierigkeiten, z. B. eine steile Felspartie stösst, indem man einen passenden Durchgang MN sucht und von ihm mit $p \pm \delta$ in die begonnene Gefälllinie AM zurückgeht, um nachher das Anfangsgefälle wieder folgen zu lassen.

Bei ausgedehnten Absteckungen erspart ein flüchtiges erstes Vorgehen im oft dichten Walde mit einfachem Gefällmesser in freier Hand viele Zeit. Ist man über die Richtung, den Baugrund, das Gefälle etc. aufgeklärt, so folgt die endgültige Absteckung der Einzelstrecken mit gleichzeitiger Einschaltung der Gefällübergänge. An flachen Hängen, im offenen Walde werden lange Einzelstrecken (bis 25, selbst 30 m) genommen, an tief gebuchteten, felsigen oder dicht bewachsenen Orten kommt man mit Strecken von 7 bis 15 m rascher und sicherer vorwärts. Sind gleichmässige Abdachungen durch Schluchten oder Mulden unterbrochen, so bildet man ganze und Halbstrecken; man wechselt überhaupt das Absteckungsverfahren nach den Erfordernissen der Oertlichkeit.

§ 14. **Die Kurvenabsteckung.** Die endgültige Absteckung eines Gefällzugs stellt noch eine unfahrbare Kette von Geraden dar, welche in aus- und einspringenden Winkeln zusammenhängen.

Von geringer Bedeutung sind etwaige kleine Gefällwechsel, wenn man jähe Uebergänge des Prozentsatzes um mehr als 1 % vermeidet, da diese kleineren Gefällbrüche sich leicht abrunden lassen, etwa so:

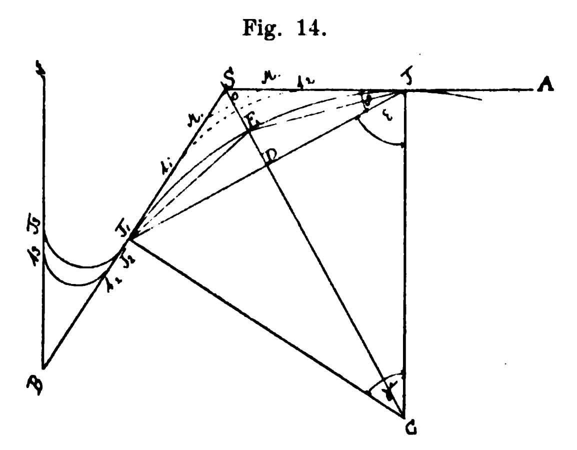


Vom Brechungspunkt M (Fig. 13) wird der gleich grosse wagrechte Abstand be und ef nach den Punkten a und b genommen, von hier mit den Visierkreuzen der Punkt d eingerichtet und in ihm ein Pfahl von der Höhe $\frac{Md}{2} = Mc$ angebracht, wodurch die zwei Zwischengefälle ac und cb sich einschalten (mit etwaiger Hinzufügung je eines weiteren Zwischenpfahles von der Höhe $\frac{1}{4}$ Mc halbwegs ac und cb) — **oder** man steckt mit einem Gefällmesser, wenn das erste Gefälle p und die Differenz der Gefälle d beträgt, von dem Punkte a auf n Zwischenpunkten die Zwischengefälle $p - \frac{d}{n}$, $p - \frac{2d}{n}$ .... ab, bis man in b zum zweiten Gefällsatz einlenkt.

Wichtiger und umständlicher ist die Abrundung in dem Winkelzuge der Weglinien, denn die Fuhrwerke können in natürlicher Fortbewegung aus einer Geraden nur mittelst eines Bogens in eine folgende Gerade oder von einem Bogen in einen zweiten und dritten eintreten, **winklige Zuglinien müssen also noch fahrbar gemacht werden.**

Diese Aufgabe wird nur erfüllt, wenn die abgesteckten Geraden verschiedener Richtung durch tangierende Bögen verbunden oder statt der Biegungen der Geraden lauter dem Gelände sich anschmiegende Bogenlinien hergestellt werden. Zur Verbindung zweier Geraden AS und SB genügt eine einfache Krümmung, deren Halbmesser CJ beim Austritt aus der Richtung AS und Eintritt in die Richtung SB in T und T_1 $\perp$ auf AS und SB steht, also beide zu Tangenten hat. Ist dabei $\sphericalangle$ ASB $>$ R^0, so übt erst ein namhaftes Näherrücken der Punkte T und T_1 gegen S einen fühlbaren Einfluss auf die Fahrbarkeit des Bogens; ist jedoch $\sphericalangle$ SBN $<$ R^0, so kann schon eine kleine Verkürzung den Bogen unfahrbar machen. Es befriedigen also nur jene Bogenlinien, welche durch Beachtung des Scheitelwinkels und der Grösse ST genügenden Halbmessern entspringen.

Fig. 14.



Zu diesem Zwecke muss $\sphericalangle$ ASB $= \sigma$ gemessen oder berechnet werden, z. B. wenn $SM = SM_1 = a$ und $MM_1 = b$, so ist

$$\sin \frac{1}{2}\sigma = b : 2a$$

oder, wenn $SO = 1$

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2}\sigma = b : 2l.$$

Ist aber $\sphericalangle \sigma$ und die Grösse von ST bekannt, so ist es der Halbmesser r ebenfalls.

Wäre nur $\sphericalangle \sigma$ und r gegeben, so lässt sich ST und der Zentripunkt C durch Konstruktion finden:

Man zieht innerhalb des Winkels je eine Parallele zu AS und BS mit dem Abstand r; ihr Schnittpunkt gibt C und eine Senkrechte von C auf AS oder BS die Tangente ST.

Für den Verbindungsbogen zweier Geraden sind so viele Punkte zwischen dem Ein- und Auslauf festzustellen als nötig, um seinen Verlauf zu erkennen und nach Bedarf noch Punkte einzuschalten. Gewöhnlich steckt man **Kreisbogen** ab, wofür man die nötigen Ableitungen aus dem Scheitelwinkel ($\sphericalangle \sigma$) oder dem Zentriwinkel ($\sphericalangle \gamma$) und dem Halbmesser r durch folgende einfache Ansätze ableiten kann (Fig. 14):

Ist σ bekannt, so ist $\gamma = 2R^0 - \sigma$, und $\sphericalangle STD (= \delta) + \sphericalangle DTC (= \varepsilon) = \delta + \frac{\sigma}{2}$

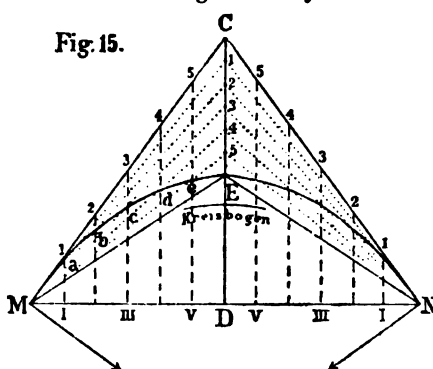
$$= \varepsilon + \frac{\gamma}{2} = R \text{ also } \delta = \frac{\gamma}{2}\ \varepsilon = \frac{\sigma}{2}.$$

Setzen wir $ST = t$, $TD = s$, $DE = p$ (Pfeilhöhe) $CD = x$, $ES = y = DS = d$, so ist $p = r - x$, $d = p + y$.

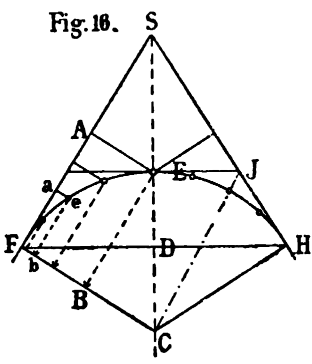
Da nun $\triangle STC \backsim \triangle SDT \backsim \triangle CDT$, so ist

$$r : t = x : s = s : p + y, \text{ somit}$$
$$x = \frac{r \cdot s}{t}, \; p + y \,(= d) = \frac{s \cdot t}{r}$$
$$r = \frac{s \cdot t}{d}, \; y = r\left(\frac{t}{s} - 1\right),$$
$$p = r - x = r\frac{t - s}{t} = \frac{s}{d}(t - s)$$

Kommt Zentriwinkel γ nicht der Grösse $2\,R^0$ zu nahe, so kann der wie oben berechnete Pfeil [3]) in $^1/_4$ der Grösse $(p_1 = \frac{r - x}{4})$ auf der Mitte der neuen Sehnen TE und T_1E errichtet werden, um die Bogenpunkte für die Sehnen der halben Zentriwinkel, ebenso mit $p_2 = \frac{r - x}{16}$ etc. für weitere Winkelhalbierungen zu vermehren. Diese „Viertelungsmethode" kann auch auf einen Näherungswert von p gestützt werden. Da nämlich auch $x = \sqrt{r^2 - s^2}$, also $p = r - \sqrt{r^2 - s^2}$, so lässt sich, nach Entwicklung einer konvergierenden Reihe, mit Weglassung der im Wert sinkenden hinteren Glieder, auch $p = \frac{s^2}{2\,r}$, $p_1 = \frac{s^2}{8r}$ etc. zu den Absteckungen anwenden. Als weitere Näherungsverfahren, welche mit Umgehung der Rechnung den graphischen Weg einschlagen, seien noch die „Halbierungsmethode" und die „Methoden der Winkelteilung" erwähnt. Sie eignen sich jedoch nur für Einzelstrecken, wo eine Bogenverbindung zweier Geraden ohne Verlässigung über den Bogenhalbmesser und die Bogenform tunlich erscheint, z. B. um einen Bergvorsprung (Fig. 15): Wenn der Ursprung des Bodens beiderseits in M und N genommen, wird Sehne MN gegen die Mitte D von M und N her in n Teile zerlegt, auf jedem Teilpunkt eine Senkrechte errichtet und gegen innen beziffert (1, 2 ....), ebenso die Rückenlinie CE, nachdem das berechnete E angenommen oder aus örtlichen Gründen verlegt worden. Sind darauf von M und N gegen CE die Winkelteilungslinien M_1 M_2 .... Mn und N_1 ... Nn gezogen, so liefern die Schnitte aus M_1 und I_1 bis Mn und In die Bogenpunkte a, b, ... c, ebenso anderseits von N aus. Der Kreisbogen fällt hiemit nur zusammen, wenn das berechnete E beibehalten wurde.



Für grössere Absteckungen gibt die Koordinatenmethode die sichersten und ausgiebigsten Grundlagen. Alle nötigen Ausmasse lassen sich wie folgt entwickeln und in Tafeln zusammenstellen (siehe Fig. 16).



Nach Messung oder Berechnung von $\measuredangle$ S ergeben sich, da

$$\measuredangle C = 180^0 - \measuredangle S,$$

Tangente FS $(= t) = r \operatorname{tg} {}^1/_2 C$,

Sehne FH $(= 2s) = 2\, r \sin {}^1/_2 C$,

Pfeil DE $(= p) = r(1 - \cos {}^1/_2 C)$,

Bogenlänge FEH $(= b) = \frac{\measuredangle C}{360} 2 r\pi = \frac{r \measuredangle C}{\varrho^0}$ [4]).

3) Ohne Berechnung des Pfeils, welche mehrere Schriften über Waldwegbau vernachlässigen, fehlt jede Sicherheit für die Absteckung einer richtigen Kreislinie.

4) Nämlich, wie allgemein üblich, $180 : \pi$ als ständige Grösse $= \varrho^0$ gesetzt, also $\varrho^0 = 57{,}296$ $(\log \varrho^0 = 1{,}75812)$ und $1 : \varrho^0 = 0{,}01745$.

Diese in Kurventafeln aufzuschlagenden Werte für $r = 1$ sind nur mit dem gewählten Halbmesser noch zu vervielfachen. Zum Abstecken des Bogens in beliebiger Anzahl von Bogenpunkten, von der Sehne oder Tangente aus, sind noch zu berechnen bezw. in Kurventafeln aufzuschlagen:

Abszisse $AF(aF_1 \ldots.) = a(a_1 a_2 \ldots) = r \sin {}^1/_2 C$ (bezw. $^1/_4 C$, $^3/_4 C \ldots$)

Ordinate $AE (ae \ldots.) = O(O_1 o_2 \ldots)$

$= r(1 - \cos {}^1/_2 C) = p$ (bezw. $^1/_4 C \ldots.$)

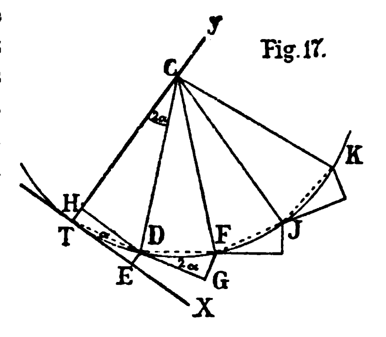
und für manche Fälle

der Scheitelabstand $ES(d) = \frac{p \text{ (od. o)}}{\cos {}^1/_2 C}$

Die veröffentlichten Tafeln haben eine verschiedene Einteilung und verschieden grosse Winkelintervalle[5]).

Zur Bestimmung zahlreicherer Punkte auf langen Bogenstrecken kann man auch Zwischentangenten (z. B. EJ in Fig. 16) einschalten, um die nämlichen Gleichungen wie oben für $^1/_2$, $^1/_4 \ldots$ des Zentriwinkels $^1/_2 C$ anzuwenden.

Für die Aufnahme im Gebirgswalde sind aber die geschilderten Verfahren meistens zu umständlich und zeitraubend. Hier müssen die Visuren und Absteckungen innerhalb der Bögen möglichst beschränkt und namentlich im dunkeln stammreichen Bestand kürzere und leichtere Näherungsverfahren Platz greifen. Hier empfehlen sich abgekürzte Anwendungen der Koordinaten-Methode im sog. Einrückungsverfahren.



Um diese Ableitungen zu zeigen, sei zuerst die Anwendung der Relation für den Kreisbogen kurz entwickelt. Wird (Fig. 17) die Sehne $TD = s$ eines Kreisbogenstücks soweit (um $DG = g$) verlängert, dass die in G errichtete Senkrechte ($FG = p$) wiederum den Kreisbogen schneidet und $DF = s$, so wird bei jeder Wiederholung mit g und p das Gleiche erfolgen, also schliesslich der Kreis beliebig genau eingehalten.

Wenn Tangente TX als Abszissen-Achse und die das Zentrum durchziehende Linie TY als Ordinatenachse gilt, so ist ($TE = x$ u. $TH = y$)

$r^2 = (r - y)^2 + x^2$ und für einen bestimmten Wert von x oder y der andere Wert herzuleiten, also

$$x = \sqrt{y(2r - y)}, \quad \text{I.}$$

$$y = r - \sqrt{(r + x)(r - x)} \quad \text{II.}$$

$$\text{daher } s = \sqrt{x^2 + y^2} \quad \text{III.}$$

Wird x für die Grösse $TE = a$ genommen, $DE = b$ nach II, $TD = s$ nach III berechnet, so sind auch $DG = g$ und $FG = p$ als Funktionen von b und r zu bestimmen, um die Punkte F, J, K ... zu finden:

Wenn $\sphericalangle DTE = \sphericalangle \alpha$, ist

$\sphericalangle CTD = \sphericalangle TDC = \ldots. R^0 - \alpha$ und

$\sphericalangle FDG = 2\alpha$, woraus

$a = s . \cos\alpha$ und $b = s . \sin\alpha$

u. da hiemit $\cos\alpha$ u. $\sin\alpha$ bestimmt sind,

---

5) H. Kröhnke, Handbuch zum Abstecken von Kurven auf Eisenbahn- und Weglinien, 7. Aufl. Leipzig 1871, gibt für den Zentriwinkel von 0 bis 120° um 2 Min. wachsend in Tab. I Tangente, Kurve, halbe Sehne (Absc.), Ord. und Kurvenabstand und in Tab. II die Absz. und Ord. zur Absetzung äquidistanter Bogenpunkte für $r = 10$ bis 10 000.

$$g = s \cdot \cos 2\alpha = s(\cos^2\alpha - \sin^2\alpha)$$
$$= \frac{a^2 - b^2}{s} \quad \text{IV.}$$
$$p = s \cdot \sin 2\alpha = s \cdot 2 \cdot \sin\alpha \cos\alpha$$
$$= \frac{2\,ab}{s} \quad \text{V.}$$

Hiemit ist ein Verfahren von grösster Genauigkeit gewährt, welches jedoch wiederum Tafeln erforderlich macht. Hält man gleiche Abszissendifferenzen fest, berechnet für stufenweise wachsende a' a'' ... und für 1 Halbmesser ($=1$, 10, 100 ...) die Werte von b, g und p und stellt sie in Tafeln zusammen, so sind mit Kreuzscheibe und Messlatte nach Belieben Bogenpunkte ohne weitere Rechnung abzustecken. Es ergeben sich z. B. für $r = 100$

Wenn a =	für b:	woraus g	p	Wenn a =	für b:	woraus g	p	Wenn a =	für b:	woraus g	p
10	0,50	9,96	1,00	22	2,45	21,59	4,87	42	9,25	39,03	18,07
11	61	10,95	1,22	24	2,92	23,47	5,80	44	10,20	40,56	19,87
12	72	11,94	1,44	26	3,44	25,32	6,82	46	11,21	42,06	21,78
13	85	12,92	1,70	28	4,00	27,15	7,92	48	12,27	43,47	23,78
14	98	13,90	1,96	30	4,61	28,95	9,11	50	13,40	44,83	25,89
15	1,13	14,87	2,25								
16	1,29	15,85	2,57	32	5,26	30,72	10,38	60	20,00	50,60	37,95
17	1,46	16,82	2,91	34	5,96	32,46	11,74	70	28,59	53,99	52,94
18	1,63	17,78	3,25	36	6,71	34,16	13,20	80	40,00	53,67	71.55
19	1.82	18,74	3,62	38	7,50	35,83	14,72	90	56,41	46,30	95,60
20	2,02	19,70	4,02	40	8,35	37,45	16,35	100	100,00	—	141,42

Für annähernd genaue Bogenabsteckungen liessen sich auch Tafeln der Näherungswerte aufstellen, in welchen man zum praktischen Gebrauch die kleineren Werte der konvergierenden Reihe (aus $y = r - \sqrt{r^2 - x^2}$)

$$y = \frac{x^2}{2r} + \frac{x^4}{8r^3} - \dots$$

ausfallen liesse. Alsdann könnte man auch zu den folgenden Entwicklungen schreiten:

Da in Fig. 17 $\sphericalangle FDG = \sphericalangle DCH$ und $\sphericalangle DGF = \sphericalangle CHD = R^0$

so ist $\triangle FDG \backsim \triangle DCH$, folglich

$$r : a = s : p \text{ u. } p = a \cdot \frac{s}{r} \quad \text{VI.}$$

$$r : r - b = s : g \text{ u. } g = s \cdot \frac{r - b}{r} \quad \text{VII.}$$

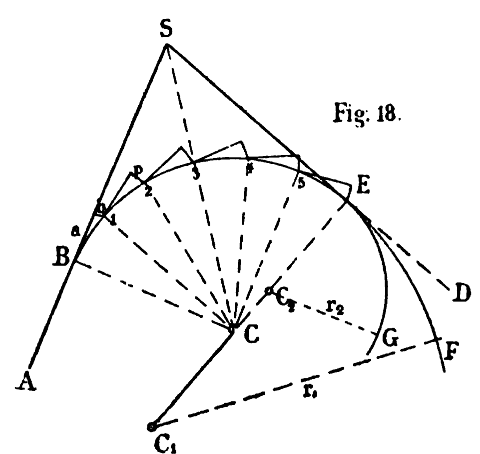
Wird hierbei die Bogenabsteckung mit sehr kleinem gleichmässigem a (von 5—10 m) ausgeführt und längs der Berghänge an den durch das Nivellement schon gegebenen Linienzug anzuschliessen gesucht, so kann bei der Annahme von $s = a$ der Näherungswert $g = a \frac{r - b}{r}$, also bei grossem r und sehr kleinem b wieder $= a$ genommen, dagegen $p = \frac{a^2}{r}$ sogleich im Kopfe berechnet werden, wenn die Halbmesser der sich folgenden Bogenstücke bekannt sind.

Für die Bogenstrecke BE (Fig. 18) bedarf es hienach, um aus der Geraden AB in die Gerade ED ohne wiederholtes Suchen einzulenken, nur der Kenntnis von $BC = r$ und der belieb. Annahme eines Absz.-Stückes a, um mit $b = \frac{a^2}{2r} = \frac{1}{2} p$ [6]) durch Ein-

6) Siehe die bei der „Viertelungsmethode“ schon entwickelte Näherungsformel.

rücken nach rechts den ersten Bogenpunkt, sodann mittelst Durchsteckens aus B über das Ende von b auf die Länge $g = a$ und wiederkehrendes Einrücken im rechten Winkel um $p = \frac{a^2}{r}$ zum Zielpunkte E zu gelangen. Soll daselbst, anstatt in die gerade Verlängerung von Punkt 5 über E,

in den Bogen EF mit $r_1 = FC_1$ oder
„ „ „ EG „ $r_2 = GC_2$ übergegangen werden, so bedarf es, bei gleichem a, nur der neuen Bestimmung des grösseren bezw. kleineren b und p und der gleichen Durchsteckung bis zum Bogenende.



Derart bewegt sich die Absteckung der Bogenstrecken, mit tunlichster Beibehaltung der beim Aufsuchen des Gefällzugs gewählten Abstände (Stationslängen), im engsten Flächenraum längs der Geländebiegungen fort. Verfehlen aber einmal die abgesteckten Bogen den Gefällzug, so führt eine kleine positive oder negative Aenderung von b und p darauf zurück. Die Pfahlnummern laufen dabei durch, eine erneute Streckeneinteilung ist unnötig. Aus einer Geraden kann man, die Tangente als Sehne benützend, im Einzelfalle auch mit p unmittelbar in den Bogen einlenken.

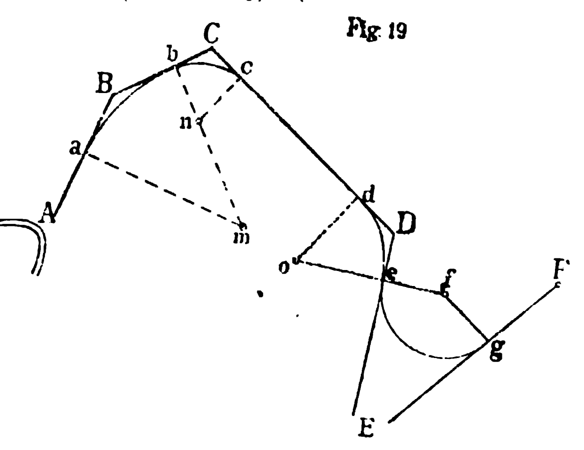
Die Einrückungsmethode ist nicht genau, aber förderlich und schmiegsam. Sie erlaubt auch, wenn die Geländeform es fordert (siehe die Rücken- und Talkurven in Fig. 9), das Verlassen des Kreisbogens durch stufenweises Steigen- und Fallenlassen von g oder besser p nach einem bestimmten Zahlengesetz, nach welchem der Bogen vom Scheitelpunkt in umgekehrter Zahlenfolge sich zurückwendet oder welches durch ein neues Zahlengesetz mit eintretender Aenderung der Geländekurve abgelöst wird. Dies enthebt aller weitläufigen Ermittelungen und gestattet Durchsteckung.

Wo ein Instrument zur Messung von Horizontalwinkeln zur Verfügung steht, kann das von H. Fischer empfohlene Verfahren der Strahleneinmessung mit Vorteil zur Kurvenabsteckung angewendet werden. Es beruht darauf, dass die Länge einer jeden Sehne berechnet werden kann aus dem Durchmesser und dem Winkel, den die Sehne an ihrem Ausgangspunkt mit dem Durchmesser bildet ($s = d \cos y$). (Forstw. Zentralblatt 1901 pag. 190 ff.) Aehnliche Methoden wurden auch von verschiedenen anderen Seiten vorgeschlagen.

§ 15. Die Absteckung ganzer Wegzüge.

Erste Regel beim Ordnen eines Wegzuges ist, dass alle Strecken sich fahrbar zusammenfügen. Hiezu muss

1. jede gerade Strecke die gemeinsame Tangente der Bogenstrecken ihrer Enden bilden und
2. Eine Bogenstrecke, wenn ihr eine zweite ohne vermittelnde Gerade folgt, mit dieser eine gemeinsame Tangente besitzen.



Wie Fig. 19 zeigt, sind diese Anforderungen dadurch zu erfüllen, dass an den

Enden einer Geraden cd je eine Senkrechte (cn und do) errichtet und von ihnen, nach der Feststellung der Zentripunkte n und o die anschliessenden Bogenstrecken cb und de gezogen werden. Wenn Cc nach b und dD nach e übertragen, liefert der Schnitt von bn $\perp$ Cb und von eo $\perp$ De die Zentripunkte.

Wird Halbmesser bn verlängert, Bb von B nach a übertragen, am $\perp$ Ba gezogen, so entsteht ebenso Zentripunkt m für Bogen ab; bn liegt in bm, BC ist gemeinsame Tangente der Bogen ab und bc. Aehnlich verhält es sich bei de und eg, nur liegt Halbmesser ef in der Verlängerung jenseits der gemeinsamen Tangente DE, weil der Bogen „umsetzt“.

Hierauf stützt sich ein einfaches Verfahren, um einen abgesteckten Linienzug in einen fahrbaren Zug von Geraden und Bogenstrecken umzuwandeln: Nachdem der Gefällmesser von A aus alle Gefällpunkte B, C, D .... geliefert, wird der ganze Wegzug mit einem Winkelinstrument als offenes Polygon aufgenommen und aus den berechneten Koordinaten (weniger genau, aber rascher mit Hilfe eines genauen Transporteurs) in nicht zu kleinem Massstab aufgetragen. Dann wählt man zuerst für die wichtigsten Punkte die zulässigen Kurvenhalbmesser, begrenzt die beizubehaltenden geraden Strecken und konstruiert durch Schnitt, Halbmesser-Verlängerung u. s. w. die übrigen sich anreihenden Strecken. Sind alle Halbmesser bekannt (und in den Handriss eingetragen), so folgt die Absteckung nach der Einrückungsmethode mit Hilfe der berechneten und zusammengestellten Näherungswerte für b und p, wobei örtlich unvermeidliche Aenderungen bei den nachfolgenden Strecken zu berücksichtigen sind.

Einige Bedenken treten jedoch noch entgegen:

1. Die Abrundung innerhalb der Winkel verkürzt den Wegzug, am bedeutendsten bei spitzen Winkeln (z. B. DEF),

2. die Verkürzung steigert das anfänglich angenommene Gefälle, zuweilen über die zulässige Grenze hinaus und

3. die Bogenlinien treten mehr als erwünscht über das Gelände hinaus oder in dasselbe hinein und nötigen zu grösseren Auffüllungen und Abtragungen.

Auf Beseitigung daraus erwachsender Missstände muss Bedacht genommen werden.

§ 16. Das Heraustreten von Bögen über den Linienzug. Wenn für eine Wegstrecke zwei Gerade von der Länge 2d, welche sich unter $\sphericalangle\,\alpha$ schneiden, mit dem Gefälle p eingerichtet wurden, um die Höhe h zu ersteigen (o,op $=$ h : 2d), die Abrundung der Zuglinie jedoch diese Strecke auf arc. β ($\sphericalangle\,\beta = 2R^0 - \sphericalangle\,\alpha$ als Zentriwinkel) verkürzt, so verstärkt dies das Gefälle auf O,op, $=$ h : arc. β, indem $p, = p\,\frac{2d}{\text{arc.}\,\beta}$ wird. Wäre $\sphericalangle\,\alpha = \sphericalangle\,\beta = R^0$, so würde p : p, $=$ 5 : 6,37 — ein Verhältnis, dessen Ungunst mit dem Sinken von $\sphericalangle\,\alpha$ unter R^0 zunimmt. Da jedoch gerade bei Bögen aus kleinerem Halbmesser eine Gefällverstärkung am misslichsten ist, so muss dieselbe

entweder durch neue Gefällabsteckung auf die Wegstrecken vor und hinter dem Bogenstück verteilt

oder das letztere soweit durch Heraustreten aus dem Winkel auf die Länge 2d gebracht, ja noch umsoviel vergrössert werden, dass die Steigung unter p sinkt.

Ist an solchen Wegstrecken nicht schon anfänglich ein kleinstes p gewählt worden, so wird zur Ausgleichung am besten das folgende Verfahren eingeschlagen:

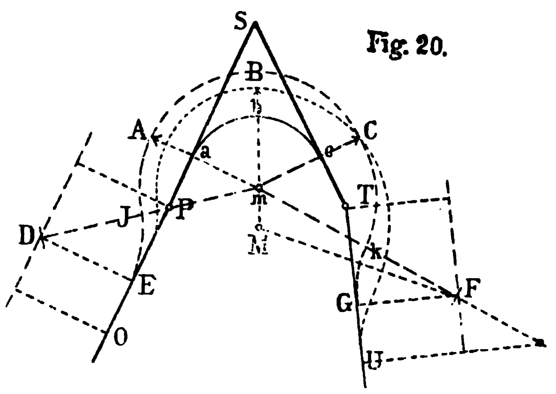
Die Verkürzung $V = 2d - \text{arc.}\,\beta$

$$= 2r\,\text{tg}\,{}^1\!/_2\,\beta - \frac{r \cdot \beta}{\varrho}$$ wird beseitigt, wenn

$$\frac{R\beta}{\varrho} = 2r \operatorname{tg} {}^1/_2\, \beta$$

d. h. wenn ein Bogen von solchem Halbmesser (R) abgesteckt wird, dass er in seiner Entwicklung über die Schenkel des ∡ α hinausgreift, oder es berechnet sich, wenn der Bogen aus R (Bogen B) = 2d oder 2d + x, zur weiteren Gefällminderung werden muss, während $\frac{r\beta}{\varrho} = b$ sich zu klein erwies, R aus $r\frac{B}{b}$ und wird so abgesteckt (Fig. 20):

Der durch den kleinen Bogen abc verkürzte Zug OPST . . tritt mit dem grösseren Halbmesser Am = Cm als Bogen JBK über die Schenkel PS und ST und lenkt mit dem Halbmesser DJ = Fk beiderseits als Gegenbogen bei E und G in die Zugslinie zurück [7]).



(Behufs dessen werden zwei Parallele zu OP und TU gezogen, mit dem Zirkel die Radien Am und DE gegriffen und die Schnitte bei D und F vollführt; mit DE zieht sodann der Zirkel die kleinen Gegenbogen EJ und GK zur Einlenkung in die Linien OP und TU).

Ist so die Ausführbarkeit erwiesen, so kann

entweder für die Halbmesser Am und DE (= Fk) und ein beliebig gewähltes a der Näherungswert für (b und) p ermittelt und der kombinierte Bogenzug durch Einrücken abgesteckt

oder es können die Linien OP, PS u. s. w. als Abszissen-Achsen benützt, Ordinaten auf ihnen errichtet und von der Zeichnung auf das Gelände übertragen werden.

Wo stark aus- und einspringende Winkelzüge in eine Reihenfolge von Bögen und Geraden zu ordnen und dabei entstehende Gefällungleichheiten zu besorgen sind, kann denselben leicht durch Aenderung der Halbmesser, Umwandlung von Geraden in Bogenlinien und ähnliche Hilfsmittel vorgebeugt und zugleich auf leichtere Fahrbarkeit, Ersparnisse an Baukosten etc. hingestrebt werden.

***§ 17. Die kleinsten Bogenhalbmesser und ihre Wegbreiten.** Soll ein Wegzug gut fahrbar sein, so müssen die in demselben vorkommenden Kurvenstücke — Wendeplätze und Kehrrampen — mit genügend grossem Radius konstruiert werden. Da jedoch die Kosten mit grösserem Kurvenradius meist erheblich wachsen, weil in der Regel um so beträchtlichere Erdmassenbewegungen erforderlich werden; je grösser der Radius einer Kurve wird, ist es von grosser Wichtigkeit festzustellen, welches der kleinste Halbmesser ist, der den Ansprüchen des Verkehrs zu genügen vermag. Die Grösse dieses Minimalradius ist abhängig:

I. Von dem verwendeten Transportmittel.
II. Von der Geländeform.
III. Von der Wegbreite.
IV. Von der Bestimmung des Weges.

In den folgenden Betrachtungen werden nur Kreisbögen berücksichtigt werden.

---

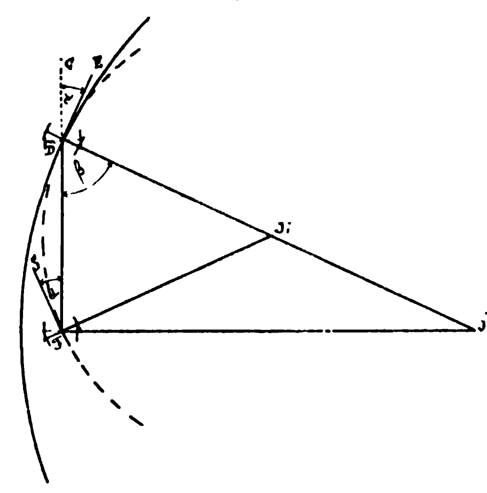
7) Verlangt es die Geländeform, so kann man auch den Bogen einerseits weniger (mit kleinerem r), anderseits mehr z. B. mit dem Zentrum in M entwickeln.

Zu I. Als Transportmittel kommen hauptsächlich in Betracht, der Leiterwagen, der Langholzwagen und die Waldeisenbahnen. Die beiden ersteren weisen je nach der Gegend sehr verschiedene Bauarten auf, die sich in der Spurweite, der Wagenbreite, Radhöhe und dem Abstand zwischen dem Vorder- und Hintergestell unterscheiden, und demgemäss auch verschiedene Kurvenradien erfordern.

Der Leiterwagen, 5—8 m lang, kann sein drehbares Vordergestell je nach der Radhöhe und dem Bau des Oberwagens um fast 90^0 oder mehr rechts oder links wenden, die Achse seines Hintergestells ist jedoch durch die Wagenwettern rechtwinklig fest mit der Lenkwiede (Langwiede) verbunden und muss in der Fortbewegung der Bahn des Vorderwagens folgen. Der kleinste Halbmesser r der Bahnkurven ergibt sich demzufolge aus der möglichen Seitenbewegung von CD nach ED ($\sphericalangle \alpha$), bis die Vorderräder den Oberwagen streifen, und der Länge DF der Lenkwiede und berechnet sich, da $\sphericalangle$ DJF = $\sphericalangle$ CDE = α aus DJ = r = DF : sin α.

Zu voller Sicherheit darf jedoch $\sphericalangle$ CDJ nicht grösser als zu 120^0 angenommen werden; dann ergibt sich

Fig. 21.



wenn DF =	4 m	5 m	6 m
als kleinstes r:	8,0	10,0	12 m

für die freie Bewegung eines Zweigespanns auf voller Bahnbreite. Des grösseren Halbmessers bedarf es, wo beladene Wagen bergauf gehen müssen, damit sie volle Zugkraft entwickeln können.

Beim Langholzwagen gilt Aehnliches, wenn der Hinterwagen, mit seiner Lenkwiede an die Stammholzladung gekettet, der Bahn des Vorderwagens folgen muss, es beträgt aber der Abstand zwischen beiden (= DL) $^2/_3$ bis $^3/_4$ der Stammlänge, also oft das 5- bis 6-fache von DF, wogegen die Seitenbewegung der Vorderräder bis unter die Drehschemel, auf welchen die Stämme liegen, gehen kann. Der geringste Bogenhalbmesser r würde sich für langes Stammholz berechnen auf: 32 m wenn $\sphericalangle$ CDJ = 140^0 und auf
48 m „ $\sphericalangle$ CDJ = 120^0 angenommen wird.

Mutet man jedoch dem Fuhrmann zu, die Ketten des Hinterwagens vor engen Bahnkurven zu lösen und die Lenkwiede in die Richtung FG zu bringen („lodern oder schwippen"), so vermag er sein Fuhrwerk in einem Wegbogen gehen zu lassen, dessen Halbmesser $r_1 = DJ_1 = \frac{DJ}{2}$ ist, denn $\sphericalangle DFJ_1 = \sphericalangle FDJ_1 = \beta$ und $\sphericalangle FJJ_1 = \sphericalangle JFJ_1$ $= \sphericalangle CDE = \alpha$, also $FJ_1 = J_1J = J_1D$.

Die Zumutung der Lockerung bedeutet also bei schwierigem Gelände eine namhafte Ersparnis an Baukosten und Erleichterung in der Wahl der Wendplätze.

Zu beachten ist aber, dass die Zugkraft des Gespanns um so schlechter ausgenützt wird, je grösser α wird, dass es sich also nicht empfiehlt, mit den Anforderungen in dieser Richtung sehr hoch zu gehen.

Viel günstiger liegen die Verhältnisse bei der Anlage von schmalspurigen Schienenwegen (Rollbahnen). Die dabei zur Verwendung kommenden Fahrzeuge haben zwei niedere

Räderpaare mit 60 — 70 cm Abstand der Achsen, tragen inmitten ihres Rahmens eine Vertikalachse, um welche die aufzusetzenden Tragvorrichtungen freie Bewegung haben.

a. Die zur Förderung von Brenn- und Schnittholz etc. auf ein Wagenpaar aufgesetzten Plattformen, Mulden oder Tragkörbe lassen die Räderpaare der kurzen Wagen unter sich jede Drehung auf Schienenkurven von nur 5 m Halbmesser auslaufen und da die Wagen, wenn zu Zügen verbunden, eine bewegliche Kuppelung haben, so vermag auch ein ganzer Zug in kleinen Windungen und schmalstem Raum sich fortzubewegen.

b. Zur Förderung von Langholz wird über jeder Räderachse ein Drehschemel aufgesetzt; jener des Vorderwagens nimmt das dicke Stammende, derjenige des Hinterwagens den Stamm in 0,7 bis 0,8 seiner Länge auf. Bei dem Durchfahren von Kurven (siehe Fig. 22) bewegen sich die Wagen fort, indem sie den Drehungen der Geleise folgen, während die Stämme auf ihren Schemeln sich wie Sehnenlinien über die Kurven legen. Ein 15 m langer Stamm AB, liegt, wenn der Vorderwagen A_2 in die zweite Kurve von 5 m gelangt ist, mit B_2 noch in der ersten, mit B_3 ebenfalls, wenn A_3 die zweite verlassen hat. Ein langer Stamm vermag diese engen Kurven ebenfalls zu durchlaufen, doch droht die Möglichkeit einer Spannung in den Geleisen oder die Nötigung einer rückläufigen Bewegung in einzelnen Lagen. Namentlich aber ist offenbar, dass zu beiden Seiten so enger Kurvenzüge das Gelände auf 4—5 m frei sein muss. Für festliegende Bahnlinien wird daher mit Halbmessern unter 10 m nichts gewonnen; enge Gegenkurven werden zu vermeiden sein.

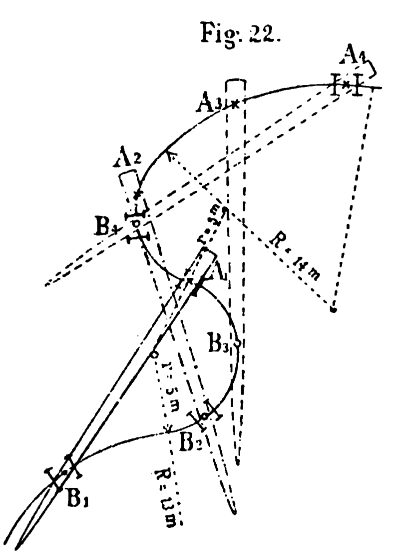


Fig. 22.

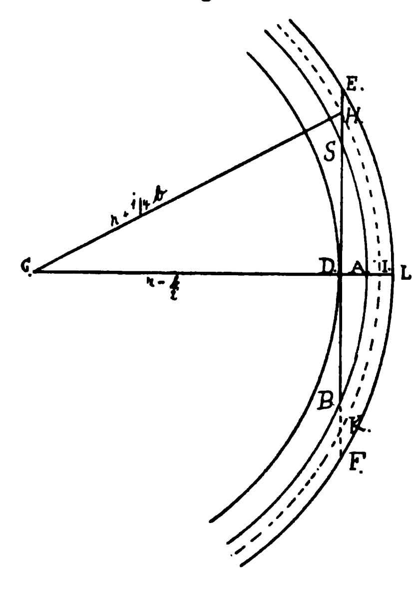
Zu II. Die Form des Geländes ist bestimmend dafür, ob die ganze Stammlänge oder nur ein Teil derselben bei Berechnung des Minimalradius berücksichtigt werden muss. Am ungünstigsten ist es, wenn die Kurve als vollkommener Einschnitt in Fels mit senkrechten oder nahezu senkrechten Wänden erstellt werden muss, weil dann der ganze Stamm sich immer nur über der Wegfläche bewegen darf. Günstiger schon sind konkave Kurven, bei denen die Böschung nur auf der Aussenseite $^1/_2$—1 füssig über die Ladehöhe der Wagen ansteigt, denn dann kann das letzte Stammende auch 1—$1^1/_2$ m über den äusseren Wegrand herausragen. Bei konvexen Kurven liegt die ansteigende Böschung auf der Innenseite, das ganze Stammende, das über die Hinterradaxe hervorsieht, kann sich ausserhalb der Wegfläche bewegen, es braucht für die Berechnung des Minimalradius nur der Abstand der beiden Axen berücksichtigt zu werden. Das Gleiche gilt von den freien Kurven, bei denen die Böschungen auf keiner Seite die Ladehöhe erreichen. Voraussetzung ist dabei, dass auch der Bestand nicht so hart an den Weg herantritt, dass durch ihn die freie Bewegung der Stammenden gehindert würde.

III. Wenn ein Langholzwagen eine Kurve mit kleinem Halbmesser durchfährt, so laufen die Hinterräder auch bei gleicher Axenlänge nicht in der Spur der Vorderräder, sondern etwas weiter auswärts, der Weg muss also eine gewisse Breite besitzen. Nehmen wir nun an, die Kurve liege in einem Einschnitte mit senkrechten Wänden, so wird ein Stamm dann noch hindurchgeführt werden können, wenn die Mitte der Vorderaxen sich über der Wegmittellinie, das Stammende über dem Aussenkreis bewegt, und der Stamm am Innenkreis tangiert.

Ist nun (in Figur 23) BE = l, AC = r (Radius auf Wegmitte) $\sphericalangle$ BCD = 90°, und verlängert man EB bis F, so ist BF = EG. Der Kreis HJK, der den Mittelpunkt C

und den Radius $(r + \frac{b}{4})$ hat, also AL halbiert, teilt EG in EH und HG, BF in BK und KF. Es ist dann EH = KF und BK = GH.

Fig. 23.



Die Differenz zwischen EH und HG (KF u. KB) ist, wenn der Radius ein Mehrfaches der Breite, so gering, dass sie für unsere Zwecke vernachlässigt werden darf. Dann können wir BK = EH, oder an Stelle von EB (= l) HK setzen.

HK wird von CA halbiert und wir finden in dem Dreieck DCH:

$$DC^2 = CH^2 - HD^2$$

$$(r - \frac{b}{2})^2 = (r + \frac{b}{4})^2 - \frac{l^2}{4}$$

und hieraus für r die Näherungsformel:

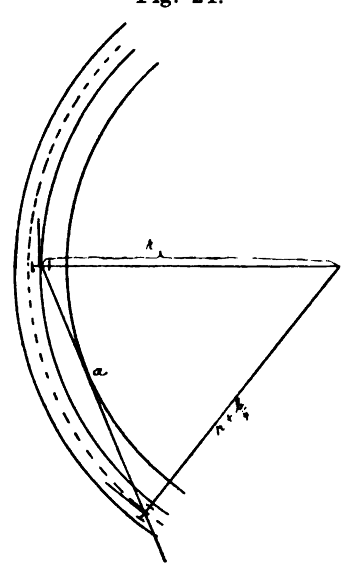
$$\text{I.} \quad r = \frac{l^2}{6b} + \frac{b}{8} \text{ [8]}.$$

Die Grösse $\frac{b}{8}$ wird dort, wo ein Graben längs des Weges hinzieht und die Böschungen $^1/_2$füssig sind — konkave Kurven —, vernachlässigt und gesetzt werden dürfen

$$r = \frac{l^2}{6b}.$$

Bei konvexen und freien Kurven (Fig. 24) haben wir nur den zwischen den beiden Radachsen befindlichen Teil des Stammes in Rechnung zu ziehen. Dagegen kann nicht die volle Wegbreite angerechnet werden, weil die Mitte der hinteren Radachse sich nicht über dem Aussenkreis hinbewegen kann, sondern etwa jenem Kreise folgt, der den Radius $r + \frac{b}{4}$ hat. Die Breite ist also nur zu $^3/_4$ b anzusetzen. Nennen wir den Axenabstand a, so können wir r finden aus:

Fig. 24.



$$\text{II.} \quad r = \frac{a^2}{6} : \frac{3b}{4} + \frac{3}{32} b = \frac{a^2}{4{,}5b} + \frac{3b}{32}.$$

Der Achsenabstand wechselt mit der Bauart der Wagen und der Gewöhnung der Fuhrleute, ist daher gegendweise verschieden. Immerhin ist die Annahme zulässig, dass er bei langem Stammholz höchstens $^3/_4$ der Stammlänge beträgt. Setzen wir nun in Formel II für a $^3/_4$ l, so erhalten wir

$$\text{III.} \quad r = \frac{l^2}{8b} + \frac{3}{32} b.$$

Bei der Geringfügigkeit des Wertes $\frac{3}{32}$ b wird in vielen Fällen die Näherungsformel $r = \frac{l^2}{8b}$ genau ge-

8) Auf die Möglichkeit, auf diesem Weg eine Formel für den Minimalradius abzuleiten, hat mich mein Kollege Professor Dr. Haber hingewiesen. Der Fehler, den die

nug sein. Alle diese Formeln zeigen, dass die Grösse des Radius wesentlich von der gewählten Wegbreite abhängig ist. Vielfach ist es ratsam, in der Kurve eine örtliche Verbreiterung eintreten zu lassen, um mit einem kleineren Radius auszureichen.

Zu IV. Die oben abgeleiteten Formeln für den Minimalradius entsprechen den Verkehrsverhältnissen der Holzabfuhrwege I. Klasse, sie setzen voraus, dass in der Kurve das Fuhrwerk gelodert wird und dass bei Begegnungen das eine Fuhrwerk vor Kurven mit kleinem Radius wartet, bis das andere die Kurve durchfahren hat. Auf öffentlichen, viel befahrenen Wegen dürfen diese Voraussetzungen nicht gemacht werden, hier muss ein grösserer Radius gewählt werden, der am besten durch Konstruktion unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse bestimmt wird [9]).

Auch bei den Holzabfuhrwegen sollte jedoch der Minimalradius nur dann gewählt werden, wenn dadurch eine wesentliche Kostenersparnis erreicht werden kann, da weitere Kurven den Verkehr erleichtern.

Uebersicht über die Beziehungen von Breite, Stammlänge und Radius.

l =	Einschnittskurven			Freie Kurven		
	20	24	32 m	20	24	32 m
m	Minimalradius = m					
b = 4	17,2	24,5	43,2	12,9	18,4	32,4
b = 5	13,9	19,8	34,7	10,5	14,9	26,1
b = 6	11,9	16,8	29,2	8,9	12,6	21,9

* § 18. Muss ein Wegzug irgendwo seine Richtung durch Umkehr in einem spitzen Winkel ändern, so muss nächst diesem Orte durch Verwandeln des Linienkomplexes in eine Kreisbogenlinie (oder mehrere) eine Rampe (Kehre) hergestellt werden, welche an beiden Enden durch Tangenten wieder einlenkt. Eine Rampe gestaltet sich am günstigsten und kostet am wenigsten, wenn sie auf einem Platz angelegt wird, wo die Bodenneigung gering ist und der Wendebogen sich gleichheitlich auf beide Schenkel des Winkels verteilen lässt. Dann erfüllt sie auch die Bedingungen der Fahrbarkeit am ehesten, wofür die kleinsten Halbmesser zuerst zu bestimmen und dann die Anschlusspunkte der einlenkenden Tangenten zu suchen sind.

Da die nämlichen Massverhältnisse wenn auch mit Schwankungen öfter wiederkehren, so machte Ed. Heyer den zweckmässigen Vorschlag, über die Massverhältnisse, welche für verschiedene Grössen des mittleren Halbmessers r, für die Ausmasse von Rampen nach aussen und innen u. bezw. die grössten Stammlängen ohne und mit Lockerung der Lenkwiede sich ergeben, Tabellen aufzustellen [10]).

Ein Ab- und Zugeben in der Formung der Rampen ist weiterhin durch örtliche Verhältnisse, Rücksichten auf Ausgleichung des Gefälles, der Ab- und Auftragsmassen u. a. geboten.

Einseitig formen sich nicht selten die Rampen, um Bauschwierigkeiten, fremdes Eigentum und zu grosse Kosten zu umgehen. Namentlich ist auch zu beachten, dass

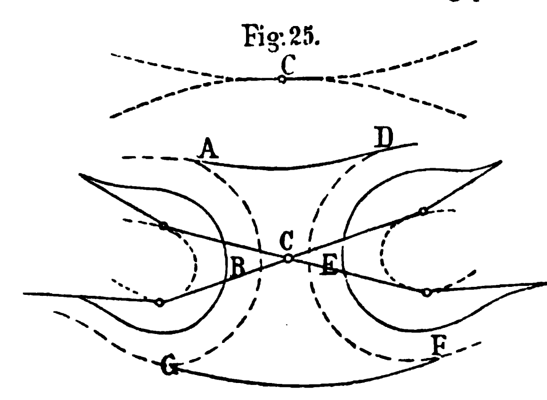
---

Vernachlässigung des Unterschiedes von EH und HG verursacht, beträgt nur 1—2 %. Gehrhardt (Allg. F. u. J.Zeitung 1892 pag. 109) kam auf anderem Wege zu der Näherungsformel $r = \frac{l^2}{6b} + 1$.

9) Zur Berechnung kann die Formel $r = \frac{l^2}{2b}$ benützt werden.

10) Siehe dessen sehr beachtenswerte Entwicklungen im Thar. F. J. v. 1876 H. 1 u. A. F. u. J.Z. von 1885 S. 365 u. ff.

bei sehr spitzem Scheitelwinkel die obere Bahn mit ihrer Auftragsböschung dem inneren Kronenrand zu nahe kommen kann. Kreuzen sich in C zwei Wegzüge, deren einer auf- und der andere absteigt, so muss die Rampenanlage den Fuhrwerken ebenso die Fortbewegung in einer Richtung wie die Wendung in die andere ermöglichen. Zu diesem Zweck muss bei C eine Ebene geplant werden, welche die Kronenränder ABG



und DEF (Fig. 25) der beiden in gleicher Höhe zu bauenden Rampen verbindet und berg- und talseits selbst durch einen der Bodenform sich anschliessenden oberen und unteren Böschungsrand (AD u. GF) begrenzt ist. Es ist zweckmässig, eine jede Fahrwegrampe, nachdem der Winkelzug mit einem Winkelmesser oder wenigstens mit der Kreuzscheibe und Längenmassen aufgenommen ist, im Massstab von $\frac{1}{100} - \frac{1}{200}$ zu entwerfen, um sie dann unter Berücksichtigung der allgemeinen und örtlichen Verfahren durch Einzeichnung des Fuhrwerkes an verschiedenen Stellen einer Prüfung unterwerfen zu können. Nach Feststellung der Ausmasse kann dann die Kurve mittelst Abszissen und Ordinaten ins Gelände übertragen werden.

IV. Die Aufnahme der Profile und die Berechnung der Ab- und Auftragskörper.

§ 19. Aufnahme der Quer- und Längenprofile. Nach Ordnung des Linienzugs ist die Gefällabsteckung da und dort zu berichtigen und auszugleichen und die Streckeneinteilung wegen der eingetretenen Veränderungen neu einzumessen.

In den gleichmässigen Abständen erfolgt jetzt die Absteckung und Messung der Querprofile, soweit beiderseits der Strassenachse das Gelände mutmasslich in den Baubereich fällt.

An jedem Aufstellpunkt des Längeprofils zeigt ein Bodenpfahl die Waglinie der künftigen Bahn und ein Mittenpfahl die etwaige Abweichung der Strassenachse. Beide werden im Handriss bei der Geländeaufnahme eingetragen vom Bodenpfahl aus bestimmt man nach beiden Seiten das Profil durch Messungen

1) mit Messruten, Setzwage und Richtscheit oder einem Gradmesser bei einfachen Verhältnissen, welche rasche Aufnahme erlauben oder bedingen;

2) mit einem Senkel- oder Libelleninstrument bei unregelmässigen und grossen Profilen und wo die Zwecke genauere Messungen bedingen

in wagrechten Abständen von 2—3 m und Höhenmessungen bis auf ganze oder je 2 cm, mit Eintrag der erhobenen Masse in ein vorgerichtetes Formular, neben welchem ein Handriss und Notizen die Bodenformen und Zustände erläutern.

Hoher Auf-, tiefer Abtrag, Einmündungen, Rampen, Lagerplätze . . . erfordern Ausdehnung der Profilaufnahmen.

Sind danach die Profile in grösserem Massstab (1 : 100 bis 200) gezeichnet, so wird das Normalprofil des künftigen Weges hinzugefügt. Hiezu wird eine Musterform (Schablone) auf starkes Papier, Pappstoff, Celluloid oder dünnes Blech aufgetragen, welche im gleichen Massstabe die Baulinien: Wegkrone, Seitengräben, Böschungen darstellt, und ausgeschnitten oder nur durchstochen, Fig. 27, in AB die Wagelinie, CD die Wegachse, in

deren Schnitt mit AB die Wegmitte, in a und b die beiderseitige Strassenkante, in den durch a und b ziehenden Neigungslinien die Böschungsrichtungen, in den Parallelen zu AB, GD und DH die Grabenprofile gibt.

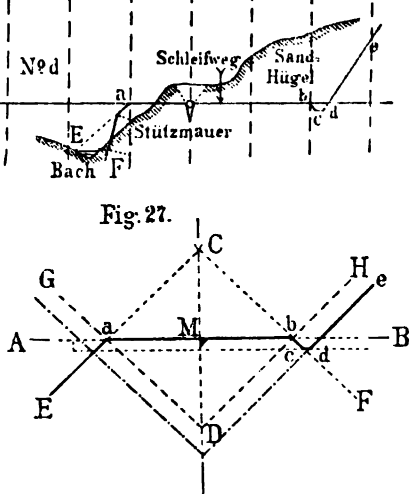


Fig. 26. Fig. 27.

Legt man den Musterausschnitt Eabcde so auf ein Querprofil, dass zugleich die Weghöhe in die Wagrechte AB und die Wegmitte auf Punkt M des Ausschnittes kommt und zieht Eabcde aus, so ergibt sich die Querprofilfläche des Ab- $\left\{\begin{matrix}\text{oder}\\ \text{und}\end{matrix}\right\}$ Auftrags, z. B. Fig. 26. d.

Wo die Baulinien noch unganz sind, werden sie ergänzt, z. B. aF = Profil einer Stützmauer.

Die Profilflächen des Abtrags werden durch Schraffierung oder einen leichten Farbenton gegen jene des Auftrags kenntlich gemacht.

Der Kubikinhalt der Erdkörper, welche zwischen je zwei Querprofilen liegen und nach deren Ab- oder Aufbau die Grösse der Arbeit sich bemisst, muss aus dem Flächeninhalt der Querprofilflächen abgeleitet werden.

Letzteren (Q) findet man, wenn man sich ein Profil durch so viele Parallelen (Ordinaten) zerlegt denkt, dass jeder Teil als Trapez gelten kann, also, wenn der gleichgrosse Abstand $= d$ und die Länge der Ordinaten $= O_0, O_1 \ldots . O_n$

$$Q = d\left(\frac{O_0 + O_n}{2} + O_1 + \ldots + O_{n-1}\right).$$

Sind die Endstücke $\triangle$, so ist O_1 und $O_n = 0$. Häufig genügt schon ein einfacheres Verfahren wie

1) ein Zerlegen in mehrere Dreiecks-Paare, deren Höhe und gemeinschaftliche Grundlinie man misst,

2) ein Umwandeln der ganzen Figur in ein Trapez oder Dreieck,

3) ein Auflegen eines durchsichtigen doppelten Quadratnetzes, dessen grössere und kleinere Quadrate man auszählt, mit Abschätzung der Reste,

4) die Anwendung eines Planimeters,

5) die gutächtliche Streckung unregelmässiger (z. B. wellenförmig gebuchteter) Profile und nachfolgende Berechnung aus den cotg des Gelände- und Böschungsprofils (Fig. 28):

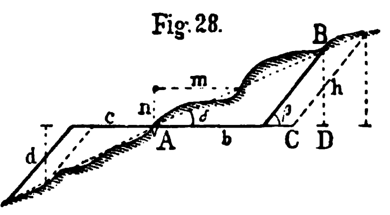


Fig. 28.

Es sei aus der Wagrechten m und der Höhe n cot $\delta = \delta$ bestimmt, cot β durch Wahl des Böschungsverhältnisses (β), AC = b, BD = h, so wird, da $h\delta = b + h\beta$, $h = \frac{b}{\delta - \beta}$, der Inhalt $i = \frac{bh}{2} = \frac{b^2}{2(\delta - \beta)}$ und wenn b um $\pm x$ sich ändert,

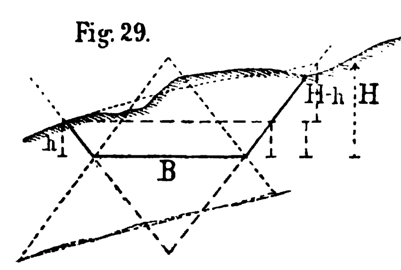
$$\text{das} \left\{\begin{matrix}\text{grössere}\\ \text{kleinere}\end{matrix}\right\} J = \frac{(b \mp x)^2}{2(\delta - \beta)},$$

welche Rechnung thalseits wie bergseits die gleiche ist [11]).

Bei Ab- oder Auftragskörpern, welche beiderseits mit Böschungen begrenzt sind (Fig. 29), ist die Rechnung aus B, H, h und β ebenso einfach, es ist $J = \pm \frac{1}{2} B(H + h) + Hh\beta$.

Es lassen sich somit vielerlei Wege zur mehr flüchtigen annähernden und zur umständlicheren genaueren Berechnung der Querprofilflächen einschlagen. Meist wird man ein einfacheres Verfahren wählen, da die natürliche Bodenoberfläche nie ganz regelmässig gestaltet ist, grössere Ungenauigkeiten durch Verkürzung der Strecken (Profilabstände) vermieden oder verringert werden können, und da bei Erdarbeiten ein Fehler von 1—2 cbm den Kostenanschlag sehr wenig beeinflusst. Die **Aufstellung von Tafeln**, welche für eine durchschnittliche Neigung des Geländes, eine bestimmte Auf- oder Abtragsbreite und einen gewissen Böschungsgrad (β) die Auf- oder Abtrags-Querfläche in □m angeben, sind daher ein schätzenswertes Hilfsmittel.

Fig. 29.



Sind die Inhaltsberechnungen durch die Zeichnung und Flächenermittelung der Querprofile vorbereitet, so gelangt man durch die Vorstellung, die Profilebenen seien parallel, weil alle senkrecht stehen, zu der weiteren, dass der ganze Erdkörper durch die Profilschnitte vom Abstand $d_1\ d_2 \ldots . d_n$ in prismatische Teile zerlegt sei, deren erster die Fläche des Randschnitts G_0 und des Teilschnitts G_1 zur Begrenzung habe, daher K_1 (Kubikinhalt) $= d_1 \frac{G_0 + G_1}{2}$ sei. Demgemäss besteht der Gesamtkörper $\Sigma(K)$ aus der Summe $K_1 + K_2 + .. + K_n$ und man erhält:

$$^1/_2 \left[d_1 (G_0 + G_1) + d_2 (G_1 + G_2) \ldots . + d_n (G_{n-1} + G_n)\right]$$

oder

$$^1/_2 \left[G_0 d_1 + G_1 (d_1 + d_2) + \ldots . + (G_n d_n)\right]$$

worin das erste und letzte Glied $= 0$, wenn der Wegzug auf einer Ebene (oder an einem fertigen Weg) beginnt und endigt.

Ist Abstand $d_1 = d_2 = d_3 \ldots .$, so vereinfacht sich der Ausdruck zu

$$\Sigma(K) = d\left(\frac{G_0}{2} + G_1 + \ldots + G_{n-1} + \frac{G_n}{2}\right)$$

für den ganzen Wegzug oder einen Teil desselben, für die Gesamtheit der Abtrags- und getrennt davon für jene der Auftragsprofile (# und ⁘).

Diese Rechnungsweise eignet sich gerade für solche Körper von ausgeprägter Längenerstreckung, wie Wege, Dämme, Gräben (auch Mauerwerk) sehr gut und empfiehlt sich durch ihre Kürze und Einfachheit. Wo aber die zuerst angenommenen Abstände zu grosse Unsicherheit drohen, können Zwischenprofile nach Belieben eingeschaltet werden.

Auch die Krümmungen der Strassenachse hindern nicht, da die Einbiegungen nahezu den Ausbiegungen gleichkommen und die Strassenachse meistens die Wegmitte einhält. Beim Durchschneiden rundlich geformter Bergrücken und Hügelzüge wie beim Ueberdammen von eingebuchteten Tälern könnte übrigens auch, wenigstens für eine wichtigere Teilstrecke mit einem Anfangs-, Mitten- und Endprofil (G, λ und g), die

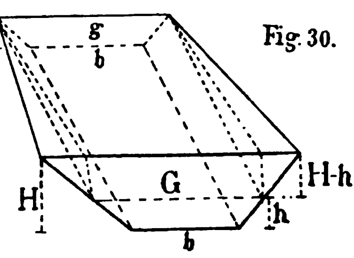
---

11) Siehe C. f. d. g. F. 1879 Märzh. S. 121—128; ferner zwei Verfahren, um Tafeln darauf zu gründen, bei Dr. Ed. Heyer, Tafeln z. Erdmassen-Berechn. beim Bau der Waldwege, Berlin u. Leipzig 1879; Dr. F. Grundner, Taschenbuch zu Erdmassenberechnungen, Berlin 1884.

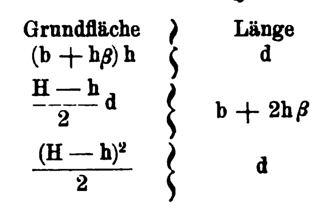
Formel **Simpson's**, welche für ein Prismatoid die beste Rechnungsweise liefert:

$$K = \frac{d}{6}(G + 4\gamma + g)$$

zur Anwendung gelangen.



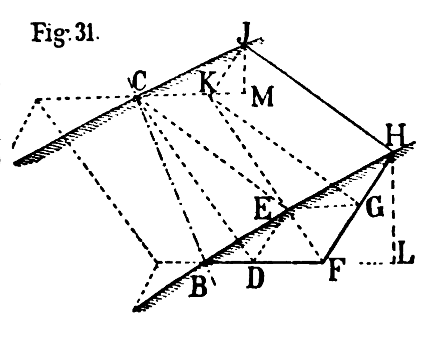
In Fällen, deren Art und Bedeutung (z. B. Felsensprengungen, wo die Wände steilen „Anzug" behalten) eine eingehendere Rechnung begründet, sind auch auf gewissen regelmässigen Körpern fussende stereometrische Formeln nicht ausgeschlossen, indem man die Rechnung auf die Kronenbreite b, den Abstand d, die Böschungshöhen (H, h) und die Böschungskotangente (β) stützt, z. B. bei Fig. 30 lässt sich aus



	Grundfläche	Länge
1) einem prismatischen Körper	$(b + h\beta)\,h$	d
2) einem zweiten derartigen Körper	$\frac{H-h}{2}\,d$	$b + 2h\beta$
3) zwei 3seitigen Pyramiden	$\frac{(H-h)^2}{2}$	d

für den ganzen Körper der Ausdruck herleiten:

$$K = d\left[{}^1/_2\, b\,(H + h) + \frac{H^2 + Hh + h^2}{3}\cdot\beta\right]$$



und bei Fig. 31 aus den drei Körpern des Abtrags, worin CK = b, JM = h, BF = B, HL = H und Abstand der Profile = d, die cot des Berghanges = δ, der Böschung = β (nach Uebertragung von CK und EG und Ziehung der Hilfslinien CD und DE u. s. w.)

1\. Körper $= \frac{bh}{2}\,d$

2\. „ $= b(H-h)\frac{d}{2}$

3\. „ $= (B-b)\,\frac{H-h}{2}\,\frac{d}{3}$

woraus, wenn $H = \frac{B}{b}\,h$ gesetzt wird,

$$K = \frac{dh}{6}\left(B + \frac{B^2}{b} + b\right) \text{ oder, da } h = \frac{b}{\delta - \beta},$$

$$= \frac{d}{6}\cdot\frac{B^2 + Bb + b^2}{\delta - \beta}.$$

In allen Fällen setzt man die Streckenlängen d nach dem wirklichen Lauf der Strassenachse ein. Man erhebt sie entweder durch Nachmessung mit Messruten oder Abgreifen im Längeprofil, bei den Kurvenstücken auch durch Berechnung aus dem Halbmesser und Zentriwinkel bezieh. Aufschlagen in Sehnen- oder Kurventafeln).

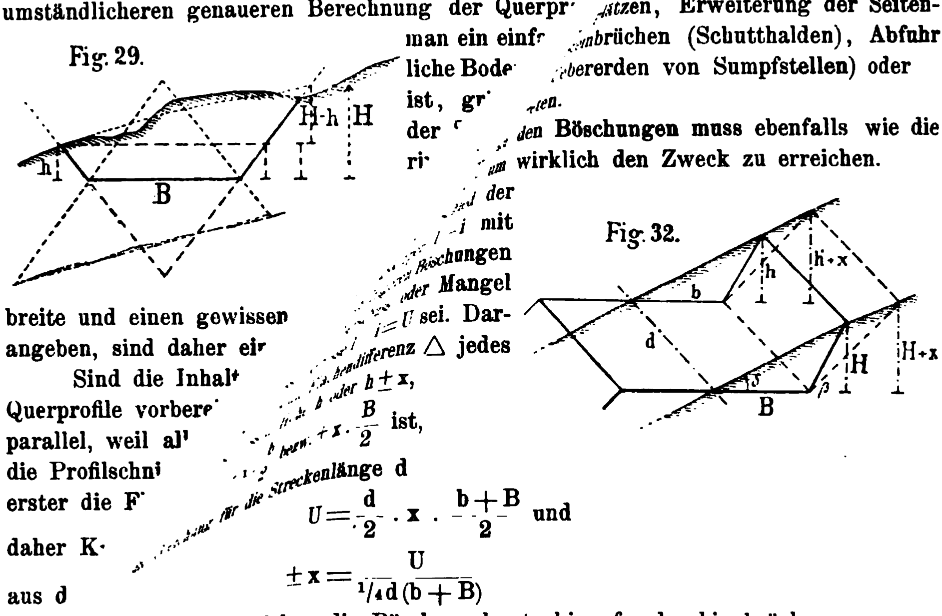
Schon bei der Absteckung muss berücksichtigt werden, dass beim Bau kein Ueberschuss oder Mangel an Material entsteht, da die Unterbringung bezw. Beschaffung desselben Kosten verursacht. Dabei ist zu bedenken, dass der Abtragskörper i. F. der Lockerung dauernd mehr Raum beansprucht als in der ursprünglichen Lagerung. Es ist daher anzustreben, dass die Wegmittellinie i. A. ausserhalb des Geländes liegt. Die Grösse der dauernden Volumenvermehrung schwankt sehr je nach der Bodenart, sie ist am geringsten bei Sand (1—1,5%) am grössten bei Felsen (8—12%), für ihre Veranschlagung müssen örtliche Erfahrungen benützt werden.

Bei gleichmässigen Bodenformen und -Zuständen kann schon nach dem Augenmass, auf Erfahrung gestützt, die Ausgleichung von Ab- und Auftrag erreicht werden.

welche Rechnung thalseits wie bergseits die gleiche ist [11]). am besten in Ab-

Bei Ab- oder Auftragskörpern, welche beiderseits mit B..ehalten lassen. Zeigt (Fig. 29), ist die Rechnung aus B, H, h und β ebenso einfa..ab einer Abteilung oder $+ \mathrm{Hh}\,\beta$.

Es lassen sich somit vielerlei Wege zur mehr ..inzug der Böschungen, Weg- umständlicheren genaueren Berechnung der Querpr..ätzen, Erweiterung der Seiten- man ein einf..nbrüchen (Schutthalden), Abfuhr liche Bode..bererden von Sumpfstellen) oder ist, gr..ten. der ..den Böschungen muss ebenfalls wie die ri..um wirklich den Zweck zu erreichen.



breite und einen gewissen ..d der ..i mit ..Böschungen ..oder Mangel ..U sei. Dar- angeben, sind daher ei.. ..differenz $\triangle$ jedes

Sind die Inhal.. ..oder $h \pm x$, Querprofile vorber.. ..$\frac{B}{2}$ ist, parallel, weil al.. ..bezw. $+x.$ die Profilschn.. ..Streckenlänge d erster die F.. ..für die

$$U = \frac{d}{2} \cdot x \cdot \frac{b+B}{2} \text{ und}$$

daher K..

$$\pm x = \frac{U}{{}^1\!/_4\, d\,(b+B)}$$

aus d

od.. d. h. der Betrag, um welchen die Böschungskante hinauf- oder hinabrücken muss, ergibt sich durch Division in den Ueberschuss mit dem halben Produkt aus der Streckenlänge und der mittleren Abtragsbreite.

Aehnlich lässt sich das neue Böschungsverhältnis β_1, wenn es vorher β_0 und der Neigungswinkel des Bodens δ war, auch unmittelbar ableiten. Wenn nämlich

$$i = \frac{b^2}{2(\delta - \beta^0)} \text{ war und } I = \frac{b^2}{2(\delta - \beta^1)} \text{ werden soll,}$$

so wird (aus $U = \frac{b^2}{2(\delta - \beta^1)} - i$)

$$\beta^1 = \delta - \frac{b^2}{2(U+i)}.$$

Die Ausgleichung könnte auch am Auftragskörper stattfinden oder auf beide verteilt werden.

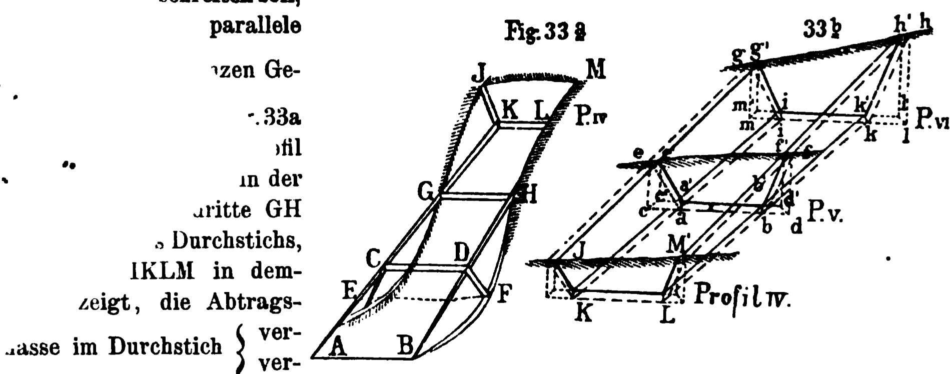
Zu b). Die Mittel unter a) reichen, wenn auch anwendbar, nicht immer aus. Dann beseitigt man Ueberschuss oder Mangel durch Verschiebungen der Strassenachse. Je nach der Sachlage geschieht dies entweder

I. Durch Hebung oder Senkung der abgesteckten Gefälllinien, so namentlich, wenn die angenommene Richtung eingehalten werden muss (Grenz-, Schneisenlinien, Talengen);

II. Durch seitliche Verschiebung, wenn an Berghängen lieber die Zugslinie als das Gefälle geändert wird.

Die senkrechte, wie die seitliche Verschiebung braucht keine parallele zu sein, kann vielmehr von einem oder mehreren Punkten gegen andere von 0 bis x steigend bewirkt werden.

'0. I. Denkt man sich einen Wegzug, welcher zuerst eine Strecke weit mittelst
hnitts einen Hügel durchziehen und dann als Aufschüttung dammartig ein
·schreiten soll,
parallele
·zen Ge-
·.33a
ofil
ın der
dritte GH
s Durchstichs,
IKLM in dem-
zeigt, die Abtrags-
masse im Durchstich $\left\{ \begin{matrix} \text{ver-} \\ \text{ver-} \end{matrix} \right.$



mindern / mehren }, dagegen in der Talstrecke das Gegenteil bewirken, bei AB jedoch, wie am anderen Ende, zur Einlenkung auf Null ausgehen müssen.

Die Höhe x der $\left\{ \begin{matrix} \text{Hebung} \\ \text{Senkung} \end{matrix} \right\}$ ergibt sich — Fig. 33b zeigt 3 Einschnittsprofile (IKLM und 2 folgende) — dadurch, dass man an jedem Profil die Grösse der entsprechenden neuen Grenzen der Baufläche feststellt, was durch die Projektion der Böschungsflächen auf die Wegebene bewirkt wird, so dass z. B. für Profil V und VI die Baufläche durch die Linien cm und dl anstatt durch c'm' und d'l' (oder umgekehrt) gebildet wird. Da aber die Kronenbreite $ab = a'b' = ik = i'k' = b$ bleibt, so wird die Bauflächenbreite B für das Böschungsverhältnis β bei Gleichheit der beiderseitigen Böschungshöhen h

$= b + 2h\beta$ und bei ungleicher Höhe h' und h''
$= b + (h' + h'')\,\beta.$

Der Abtragsüberschuss oder -Mangel U wird durch die Hebung oder Senkung um die Höhe x beseitigt, es muss innerhalb zweier Profile vom Abstand d die Gleichung gelten

$$\pm x = \frac{U}{d\,.\,B}.$$

Bei Ungleichheit der Endprofile (B_1 für Profil V und B^2 für Profil VI) aber wird

$$\pm x = \frac{2U}{d(B_1 + B_2)}$$

und für eine Reihe von Abtrags-Profilen mit Ungleichheit der Abtragshöhen und der wagrechten Abstände ($d_1 d_2 \ldots d_n$), da die ganze Baufläche = Summe der Produkte aus den Abständen und Grössen $\frac{B_0 + B_1}{2} \ldots \frac{B_{n-1} + B_n}{2} = F_1 + F_2 + \ldots F_n$,

$$\pm x = \frac{U}{F_1 + F_2 + \ldots + F_n}.$$

Sind die Abstände gleich und die beiden Endprofile = b, weil sie auf ebenem Boden liegen, bezw. an fertige Wege anschliessen, so genügt die einfache Rechnung aus

$$U : d\,(b + B_1 \ldots + B_{n-1}).$$

Die Ausgleichungsrechnung kann jedoch sogleich auf die Auftrags- (Au) und die Abtrags-Strecke (Ab) ausgedehnt werden, denn, wäre die anfangs berechnete Masse in $Au = M$, in $Ab = N$ und $M \lesseqgtr N$, so müsste zur Ausgleichung $M + V_1 = N \pm V_2$ d. h.

durch die $\begin{Bmatrix}\text{Senkung}\\ \text{Hebung}\end{Bmatrix}$ um x die Strecke Ab um V_1 $\begin{Bmatrix}\text{weniger}\\ \text{mehr}\end{Bmatrix}$, Au dagegen um V_2 $\begin{Bmatrix}\text{mehr}\\ \text{weniger}\end{Bmatrix}$

also $U = M - N = + (V_1 + V_2)$ oder wenn Baufläche des $\begin{matrix}\text{Auftrags} = F_1\\ \text{Abtrags} = F_2\end{matrix}\Big\} = \pm x\ (F_1 + F_2)$

werden, woraus $\pm x = \frac{U}{F_1 + F_2}$.

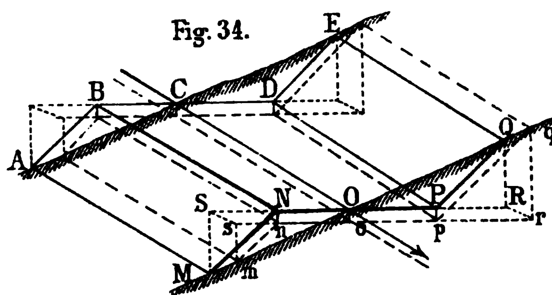


Fig. 34.

Ziehen die Weganlagen den Berghängen entlang, so sollen die Abtragsmassen aus dem Anschnitt beiläufig den Auftragskörper talseits decken; aber durch die Ungleichheit des Abfallwinkels, die Regelung der Kurvenzüge, die Anlage der Seitengräben u. a. wird oft Ungleichheit veranlasst.

Zwischen zwei gleichen Querprofilen ABCDE und MN . . . Q (Fig. 34) hätte die Massenberechnung aus $OP = b$ und $QR = h$ bergseits, aus $ON = C$ und $MS = S$ talseits für die Strecke d die Ungleichheit ergeben $\frac{b \cdot h}{2} < \frac{C \cdot S}{2}$, daher

$$U = \frac{d}{2}\ (C \cdot S - b \cdot h),$$

was durch Senkung der Wegachse CO um x zu beseitigen ist. Es muss daher das Profil des $\begin{Bmatrix}\text{Abtrags um die Fläche v grösser}\\ \text{Auftrags „ „ „ w kleiner}\end{Bmatrix}$ oder $d\left(\frac{b \cdot h}{2} + v\right) = d\left(\frac{C \cdot S}{2} - w\right)$ und $d\,(v + w) = U$ werden.

Senkt man die Punkte O und C um x und zieht im vorderen Querprofil zu MN, NP und PQ die Parallellinien mn, np und pq, sowie die Senkrechten $qr = H$ und $ms = s$, so muss, da die wagrechten Streifen NSsn und PRrp = den Böschungsstreifen sind, die Querfläche

$$\begin{aligned} RSsr &= x\,[b + C + (h + S)\,\beta] \\ &= x\,[B + c + (H + s)\,\beta] \end{aligned}$$

d. h. da beide Werte innerhalb der Klammer = Bk (Bauflächenbreite) sind, die Querfläche der Ausgleichung $= x \cdot Bk$ werden.

Die Ausgleichung wird also erreicht, wenn $U = d\ (v + w) = d \cdot x \cdot Bk$ wird, woraus für Hebung oder Senkung sich ergibt

$$\pm x = \frac{U}{d \cdot Bk}.$$

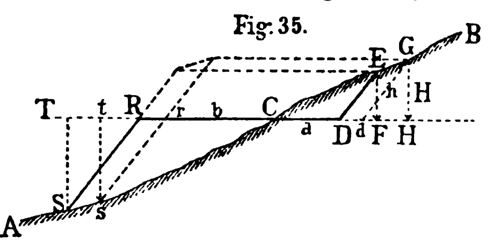
Man ermittelt demnach die Hebungs- (Senkungs-)Höhe, indem man den Mangel oder Ueberschuss durch die Baufläche dividiert.

Was für eine einzelne Strecke mit gleichen Endprofilen gilt, ist auch auf eine längere Weglinie mit Ungleichheit der Abstände und Querprofile übertragbar, deren gleiche Kronenbreite längs demselben Berghang selten grosse Unterschiede der Schnittflächen entstehen lässt. Man berechnet alsdann, nachdem die Bauflächenbreiten $B_0\ B_1 \ldots B_n$ den Zeichnungen der Querprofile entnommen sind, die ganze Baufläche F des Ausgleichungsstückes, dessen Abstände $= d_1\ d_2 \ldots d_n$ sein mögen, am leichtesten aus dem Ansatze

$$F = \frac{1}{2}\ [d_1\,B_0 + (d_1 + d_2)\,B_1 + \ldots + (d_{n-1} + d_n)\,B_{n-1} + d_n\,B_n]$$

wobei $B_0 = B_n = b$ (Kronenbreite) sein kann. Nur ausnahmsweise wird einmal die Hebung (Senkung), wenn sie parallel erfolgte, so bedeutend sein (z. B. über 0,5 m), dass die vorhergehende und folgende Strecke davon berührt wird. Bejahenden Falles aber müssten diese, sofern an ihren Endpunkten die Veränderung auf 0 ausginge, mit halbem x (bezw. halbem d) in die Ausgleichungsrechnung hereingezogen werden.

§ 21. II. Ist bei einer Wegabsteckung dem zweckmässigsten Gefälle nachgestrebt worden, so wird man dasselbe durch die Absicht der Massenausgleichung nicht mehr gerne verändern, sondern eine seitliche Verschiebung der Wegachse vorziehen, entweder parallel (berg- oder talseits) oder mittelst einer kleinen Veränderung der zuerst gewählten Kurvenhalbmesser. Die Lösung der Aufgabe ist dabei eine ähnliche, aber einfachere wie unter I.



An dem Berghange AB hätte eine Wegstrecke d mit dem Querprofil $CDE = \frac{d \cdot h}{2}$ für Ab-, $CRS = \frac{B \cdot S}{2}$ für Auftrag bei der Berechnung die Ungleichung ergeben

$$d \frac{a \cdot h}{2} \gtrless d \frac{B \cdot S}{2}.$$

Zur Ausgleichung muss werden

$$d\left(\frac{a \cdot h}{2} \pm v\right) = d\left(\frac{B \cdot S}{2} \pm w\right) \cdot$$

also $U = d\,(v \pm w)$.

Rückt Punkt C um x wagrecht gegen d oder R, so wird das Querprofil

bergseits grösser oder kleiner um $v = x \frac{h + H}{2}$

talseits kleiner oder grösser um $w = x \frac{S + s}{2}$

somit
$$U = d \cdot x \cdot \frac{h + H + S + s}{2}$$

und, da leicht nachzuweisen, dass

$$h + S = H + s = L$$

$$\pm x = \frac{U}{d \cdot L}$$

d. h. die Grösse der seitlichen Verschiebung ergibt sich aus der Division des Ueberschusses durch das Produkt aus der Weglänge und der Summe der oberen und unteren Böschungshöhe.

Ist diese einfache Ausgleichungsrechnung auf eine Reihe von Profilen auszudehnen, so ergibt sich analog den früheren Entwicklungen bei Gleichheit der Einzelstrecken $= d$,

$$\pm x = \frac{U}{d\,[{}^1/_2(L_0 + L_n) + L_1 + \ldots + L_{n-1}]}$$

stets mit Minderung der Abtragsbreite a um x, wenn Abtrags-Ueberschuss zu beseitigen ist.

Zu einer nur beiläufigen Ausgleichung genügt es, die durchschnittliche Grösse von L zu ermitteln und mit der ganzen Weglänge zu vervielfachen.

Ist die Ausgleichung an einem Kurvenzug mit bald talseits bald bergseits offenen Bögen zu bewirken, so kann dieselbe nicht immer parallel stattfinden, denn der Abtragsüberschuss pflegt sich an den Bergvorsprüngen, der Abtragsmangel in den engeren Talbuchten vorzufinden, weswegen an ersteren die Halbmesser zu vergrössern, an letzteren zu verkleinern sind, um die zu grossen Ausgleichungstransporte zu vermeiden. Dann sind jedoch auch die Bogenzentripunkte zu verlegen, da neue Tangenten nötig werden etc.

Fig: 36.

Bei ganz reinen Einschnitts- oder reinen Dammprofilen führt die seitliche Verschiebung eine Erhöhung oder Verminderung der Böschungshöhe tal- und bergseits herbei; es muss daher, sobald z. B. in lauter Abtragsprofilen (wie in Fig. 36) durch Einrücken bergseits mehr Masse gewonnen werden will, auch die Steigerung der Abtragshöhe auf der Talseite berücksichtigt und die Differenz der äusseren und inneren Profilhöhe gerechnet werden:

$$v = x\frac{d + d_1}{2}, \quad w = x\frac{h + h_1}{2}$$

$$\text{Mehrabtrag} = w - v = x(h - d)$$
$$= x(h_1 - d_1).$$

Bei der Wahl zwischen Verfahren I und II wird ersteres bei schwacher Neigung des Bodens und vielfachen Wechseln mit Gegengefällen, wie z. B. auf Grenz- und Schneisenlinien den Vorzug verdienen. An Gebirgshängen ist die seitliche Verschiebung sachdienlicher, weil man leichter die Kurvenzüge als die Gefälle ändern wird.

§ 22. Da die ersten Aufnahmen oft noch Veränderungen erfahren, entwirft man die Zeichnungen nur in Bleistift oder feinen Tuschlinien, nämlich

a) den Grundriss, b) die Querprofile, c) das Längeprofil, d) die einzelnen wichtigeren Bauteile.

Am Grundriss werden Aenderungen nur im Falle seitlicher Verschiebung der Zugslinien durch Regelung der Kurven und durch Massenausgleichung nötig. Die endgültige Strassenachse, die Kronenbreite und abzuräumende Baufläche, die Halbmesser der Kurven, die Loseinteilung, die Rampen, Wendplätze und sonstige Zutaten des Wegzugs wie die Bergeinschnitte, Talüberschreitungen, Ueberbrückungen, die berührten Niederlassungen u. s. w. kommen in ihm zur übersichtlichen Darstellung.

Zu seiner Schonung verfertigt man für den Gebrauch während der Bauarbeiten Kopien, entweder mittelst Tuschzeichnung auf aufgelegtes Pauspapier, welches nachher aufgezogen wird, oder auf glatte, dafür vorgerichtete Leinwand etc.

Ueber grössere Wegzüge, Wegnetzteile, lässt man Uebersichtspläne im Massstab von 1 : 20000 bis 40000 mit dem sog. Storchschnabel (oder dem Reduktionszirkel oder -Massstab) anfertigen, einzelne Bauteile wie Rampen, Brücken und Durchlässe im Massstab von 1 : 100—500 auf besondere Blätter zeichnen und die Ausmasse beifügen.

Die Querprofile sind nach der Grösse der ausgleichenden Verschiebungen der Strassenachse oder der Böschungsänderungen zu ergänzen und endgültig in Tusch und Farbe, ihre natürlichen Geländelinien von Hand, die Baulinien mit dem Lineal auszuführen.

Die Abstände zwischen den massgebenden Profilpunkten (Auslauf der Böschungen, Wegmitte und -Breite, Niveaupfahl) schreibt man ein, weil davon oft Gebrauch zu machen ist. Einzelne Profile bedürfen teilweisen Umzeichnens, sofern an ihnen Abweichungen in der Bauart und den Ausmassen nötig werden (Stützmauern, Terrassenbau, Pflasterung etc.).

Das anfängliche Längenprofil erfährt bis zur endgültigen Feststellung durch streckenweise Verlegungen, Gefälländerungen, Regelung des Kurvenzugs und einzelne Anlagen (Wasser-Abzüge, Ueberbauungen, Kreuzungen) ebenfalls mannigfache Berich-

tigungen und Ergänzungen, damit es richtige und ausreichende Angaben liefert über die Gesamtweglänge, die Länge der Einzelstrecken, deren Gefälle und Lage am Berghang, in Durchstichen oder Aufschüttungen, die Orte der kreuzenden Wasserläufe, ihre Breite und Tiefe, Beschaffenheit des Bodens, Kulturart, Eigentum u. s. w.

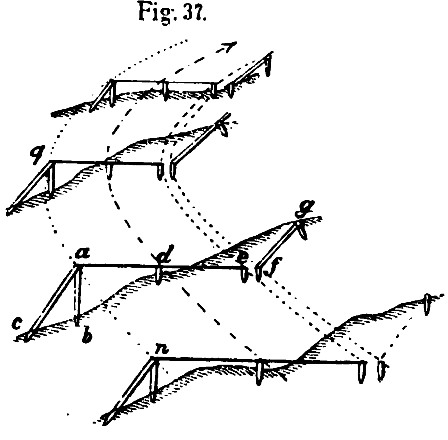
Bei einfachen Bauten entfallen viele dieser Einzelheiten, welche bei umfangreichen und schwierigen Bauten von grosser Bedeutung sind.

§ 23. Die Bauarbeiten werden eingeleitet durch die Aussteckung und Abräumung der Baufläche.

Der Abräumung folgt der Lattengestellbau (die Stangengerüstung, Profilierung).

Die Lattengestelle dienen dazu, beim Bauen den Arbeitern die Baulinien: die Wegrichtungen, Höhen über, Tiefen unter dem Boden, Gefälle, Kronenbreite, Böschungen deutlich vorzuführen und ihnen wie dem Bauaufseher den nötigen Anhalt zu gewähren.

Fig. 37.



Sie bestehen, wie Fig. 37 zeigt, aus senkrecht in der Wegmitte und an beiden Kronenrändern in den Boden eingetriebenen Latten (oder Stangen) ab, d, e . . ., welche in der Weghöhe wagrecht abgesägt und mit schief (in der Böschungsrichtung) eingetriebenen Seitenstücken ac, fg durch Zusammennageln verbunden werden. Ihre Errichtung findet an jedem (oder jedem zweiten) durch Nivellieren eingerichteten Aufstellpunkt statt und ist mit erneutem Einrichten vorwärts und rückwärts (von a nach n und q) mit Visierkreuzen, sowie seitwärts (von a nach d und f) mit Wage und Richtscheit verbunden. Da die Gestelle auf die bestehende Verpfählung sich stützen, so vollzieht sich ihre Aufstellung rasch und sicher. Wo das Verlatten des Abtragsprofils (defg) zu sehr aufhält, begnügt man sich bei einfachen Bauten mit dem Verpfählen am Berghang. Jedoch gewähren förmliche Bodeneinschnitte in etwa 1 m Breite als sog. Musterstücke oft wertvollen Aufschluss über die Beschaffenheit des Bodens und die Grösse der Baukosten.

Verloren gegangene Punkte werden bei der Profilierung wieder neu eingerichtet, wozu früher angebrachte Rückmarken gute Dienste leisten[12]).

V. Die Wegbau-Arbeiten.

A. Der Erdbau.

§ 24. Damit Fahr- und Gehbahnen entstehen, lässt man nach den Verpfählungen und Lattengestellen die abgeräumte Geländeoberfläche dadurch in regelmässige Bauflächen verwandeln, dass die Abtragskörper in den vorgezeichneten Grenzen abgehoben und mit ihrem Abhubergebnis die Auftragskörper aufgeschichtet werden.

Man beginnt die Bodenbearbeitung am besten auf der Grenze zwischen Ab- und Auftrag, legt auf dieser Linie auch gerne, wenn tunlich, einen sog. Leitpfad an,

---

12) Im Walde zerstört oder beschädigt die Abräumungsarbeit, aber auch Bosheit und Unverstand (Lesholzsammler) manches Zeichen. Es ist daher sehr ratsam, an nahen Bäumen, Felsen, Mauern etc. die Gefälllinien durch Einschnitte und sonstige Zeichen zu markieren.

welcher die ungefähre Richtung des Vorgehens angibt und den Arbeitsverkehr erleichtert. Bei Steigungen gehen die Arbeiter am liebsten von unten vor. Sie haben so einen festeren Stand, richtigeren Blick und kürzer mit dem Geschirr auszuholen. Die Arbeit ist:

1. Erd- oder Grabarbeit d. i. Loslösung der verwitterten Bodenteile durch Einsetzen eines schneidenden Geschirrs, welches den Zusammenhang aufhebt,

2. Brech- und Hebarbeit d. i. Zertrümmern oder Losbrechen der auf und in dem Boden befindlichen grösseren Gesteinsmassen durch Keil und Schlegel, Brecheisen und Hebel und Wegheben der Trümmer,

3. Schrotarbeit d. i. Zerlegen der Baumstöcke und Wurzeln mit der sog. Schrotaxt oder einer scharfen Reuthaue,

4. Sprengarbeit d. i. Zerkleinern von Felsen und zähen Baumstöcken durch Anwendung von Sprengmitteln nach erfolgtem Anbohren,

5. Förderarbeit d. i. Werfen mit der Schaufel, Tragen oder Aufladen auf Fahrzeuge und Abführen auf denselben,

6. Schichtungs- und Ebnungsarbeit d. i. Aufbau der Auftragskörper und regelmässige haltbare Herstellung aller Bauflächen,

7. Wasserableitung: Fortleiten, Versenken oder Sammeln störender Wasserzuflüsse und Herstellung bleibender Ablaufrinnen.

Das richtige Ineinandergreifen der einzelnen Arbeiten bedingt wesentlich den Arbeitserfolg des Uebernehmers, seinen Verdienst. Die Sorge hiefür wird bei der meist üblichen Akkordarbeit ihm überlassen bleiben aber auch durch die Kontrollbeamten dafür gesorgt werden müssen, dass er nicht durch Verzögerung der notwendigen Nachmessungen aufgehalten wird. Die Arbeit beginnt mit der Beseitigung der Stöcke der Wurzeln und des lebenden wie toten Bodenüberzuges, da diese Stoffe nicht in den Wegkörper eingebaut werden dürfen, weil sonst durch ihre Vermoderung Hohlräume und Senkungen entstehen. Rasen wird dabei plaggenweise abgehoben und zur späteren Verwendung an schattigen Stellen aufgeschichtet. Sodann wird der Baugrund,

wenn leichter Sand- oder Ackerboden, mit der Schaufel aufgehoben,

wenn bindige Erde (Lehm, sandiger Tonboden, Kalk-, Mergelboden), mit dem Spaten abgestochen,

wenn strenger Ton, zäher Kalkboden, mit der Breithaue, wenn steiniger, durchwurzelter Boden, mit der Reuthaue losgelöst,

wenn steinartig hart, mit bindigen Kies- oder dünnen weicheren Gesteinschichten durchzogen, mit der Spitzhacke und dem Brecheisen zerbröckelt, zersprengt und gehoben.

An Abhängen erfolgt der Angriff, wenn die Querprofile Ab- und Auftrag haben, der Strassenachse entlang, nachdem der Böschungsfuss durch einen geneigten Einschnitt vorgerichtet und gegen Abspringen von Steinen, Schollen etc. Vorkehr getroffen ist, mit sogleich folgender Verbauung. Bei Durchstichen (reinen Abtragsprofilen) vom unteren Ende gegen oben, oder von beiden Enden gegen die Mitte, zuerst stollenartig, dann mit gassenartiger Erweiterung; hohe Hänge werden schichtenweise von oben abgebaut.

Um die Baurichtung nicht zu verfehlen, vermehrt man im Vorschreiten die Richtpunkte mit einem Gefällmesser oder den Visierkreuzen. Die nächsten Auftragsräume werden durch Schaufelwurf ausgefüllt, Abtragsüberschüsse für spätere Abfuhr stehen gelassen oder seitwärts gelagert.

Felsen und Wurzelstöcke werden während der Erdarbeit nur „abgedeckt“, um die beste Angriffsweise zu finden. An klüftigen spaltbaren Felsblöcken werden die

durchziehenden Risse oder Schichtungen („Abgänge") erweitert und vertieft, um in die Fugen verstählte Keile mit dem Steinschlegel einzutreiben (oder das Aufquellen dürrtrockenen Weichholzes als sprengende Kraft zu benützen), in die entstehenden Risse das Heb- oder Brecheisen einzusetzen und mit Hebelkraft die Trennung zu vollenden. Zum Verbauen unnötige oder untaugliche Stücke werden mit einem oder mehreren gleichzeitig angesetzten Hebeln oder mittelst einer starken Winde (einfache Fuhrmanns- oder Doppelwinde) aus dem Boden gehoben und seitwärts geschafft.

Ganze d. h. unverwitterte, von Rissen freie Gesteinsmassen, welche dem Spaltgeschirr widerstehen und unregelmässiger Zertrümmerung unterliegen dürfen, werden der Sprengung vorbehalten[13]). Der Zustand (Schichtung oder Klüftung, äussere Form), die Lage und Umgebung (ob einer- oder mehrseits frei) sind massgebend für die Art und den Ort des Angriffs. In Betracht kommen

1. die Sprenggeschirre, 2. die Sprengmittel, 3. die Bohrung, 4. das Laden der Bohrlöcher und das Abtun der Schüsse, 5. die Aufgaben nach dem Schiessen.

Zum Bohren, Laden und Aufräumen sind gewöhnlich im Gebrauche

Bohrmeisel (Meiselbohrer), 2—4 cm dicke, kantige Eisenstäbe, unten mit gerader oder konvexer Stahlschneide oder gewölbter sich kreuzender Doppelschneide mit 25 bis 35 mm Meiselbreite („dreimännige" oder Schlagbohrer) bis zu 65 mm („ein- oder zweimännige" oder Stossbohrer)[14]), kürzere (0,3—0,5 m) als Anfangs-, etwas längere als Mittel-, die längsten als Abbohrer — zusammen „ein Satz Bohrer";

1 Hand- oder Bohrfäustel, 4kantig aus Eisen, 1—3 kg schwer, zum Antreiben der Bohrer und des Ladstocks;

1 Räumlöffel, lange dünne Eisenstange, unten mit runder flacher Mulde, oben mit Oehr, zum Ausbringen des Bohrmehls und Einbringen von Trockenstoffen;

1 Räumnadel, aus Rotkupfer oder Legierungen (nicht von Eisen, um keine Funken zu schlagen), dünn, 0,7 m oder mehr lang, oben in einen Ring gekrümmt, unten zugespitzt, um beim Laden den Zündkanal offen zu halten;

1 Ladstock aus Weicheisen oder Bronce (auch aus Hartholz), mit einer Längsrinne, zum „Besetzen" der Bohrlöcher nach dem Laden;

2 gutverstählte Hebeisen und schwere Steinschlegel zum Aufräumen und Zertrümmern; mehrere Bohrscheiben (zum Verschliessen der Bohrmündung) und ein Bohrtrog (zum Nachbohren).

§ 25. Die Sprengmittel. Bis in die Gegenwart herein war das „Schwarzpulver" fast ausschliesslicher Sprengstoff. Die dazu bereitete Sorte, das Sprengpulver, hat den geringsten Salpetergehalt[15]), dagegen Schwefelüberschuss. Das Korn guten Pulvers soll gleichmässig hart, staubfrei und völlig trocken sein. Das rauhe splittrige ist weniger haltbar, wegen des Stäubens gefährlich, das polierte teurer und zum Sprengen zu langsam. Feinkörnigem wird auf gleiche Raumeinheit mehr Gewicht und stärkere Wirkung nachgerühmt, aber der Arbeiter sieht auf den billigeren Preis des Sprengpulvers, obgleich es tiefere Bohrung und mehr „Besatz" verlangt.

Feuchtigkeit mindert die Entzündlichkeit und bewirkt ein Auswittern des Sal-

---

13) Für die Fälle, wo Felsen grössere Bausteine (Quader, Platten) liefern sollen, müssen die anderen Zerlegungsverfahren Platz greifen.

14) Entweder führt ein Mann den Bohrer und zwei Mann schlagen oder für tiefe Bohrlöcher heben ein oder zwei Mann den (schweren) Bohrer und stossen wuchtig nieder.

15) Jagdpulver nämlich meistens 75 % zu je 10—15 % Kohle, Schwefel, Sprengpulver 63—65 % zu je 15—20 % Kohle und Schwefel. Aber auch in der Bereitungsweise bestehen grosse Unterschiede.

peters (verdirbt das Pulver) — weswegen trockene Aufbewahrung wichtig ist.

Mängel des Schwarzpulvers sind die Güte-Schwankungen aus der Ungleichheit der Rohstoffe, die Gefährlichkeit von der Herstellung an bis zum Gebrauch, die Güteabnahme durch Alter und Feuchtigkeit, sein schwacher Effekt, die schwierige und unsichere Verwendung im Nassen u. a.

Von den neuen Erfindungen haben sich die explosiven Nitrilverbindungen fast allein behauptet und hat das Nitroglyzerin sich am wirksamsten gezeigt, welches sich aus der Behandlung von Glyzerin mit einem Gemisch von konzentrierter Salpetersäure und Schwefelsäure ergibt, in flüssigem Zustande aber zu gefährlich ist. Alfred Nobel fand das Verfahren, mit dem Stoff eine aus mineralischen Algenresten bestehende Kieselerde zu tränken und aus dem mechanischen Gemenge das Dynamit herzustellen. Obgleich auch nicht chemisch beständig, haben es dennoch mehrere gute Eigenschaften in allgemeine Verwendung gebracht, die aber erschwert wird durch die Bestimmungen des Reichsgesetzes vom 9. Juni 1884, wonach Herstellung, Vertrieb und Besitz von Sprengstoffen nur mit polizeilicher Genehmigung zulässig ist. Das Sprengpulver fällt nicht unter diese Bestimmungen. Dynamit stellt sich als rötliche, feinkörnige, fettige Masse von 1,6 spez. Gew. dar und wird in Patronenhülsen von Pergamentpapier in Grösse von 15 gr aufwärts verwendet.

Als Vorteile werden gerühmt die einfache rasche Herstellung und die Gleichmässigkeit der Fabrikate, die geringe Empfindlichkeit unterwegs, das gefahrlose Abbrennen bei der Entzündung an freier Luft, sowie grosse jäh wirkende Sprengkraft, welche die Bohrarbeit sparen lässt, die Entbehrlichkeit festen Besatzes im Bohrloch und die Verwendbarkeit im Nassen und im zerklüfteten Gestein. Seine grössere Sprengwirkung ermöglicht es mit engeren und kürzeren Bohrlöchern auszukommen [16]).

Die Zündung muss jedoch durch Detonation eines anderen Explosivstoffs erfolgen, wofür A. Nobel Knallpräparate anfertigen liess.

Die Sprengungen sollen das Gestein nur zertrümmern (nicht werfen), so dass es leichter wegzuräumen und am Ort der Sprengung benutzbar ist. Die Schussanlagen haben sich nach der Form, Grösse, Schichtung und Derbheit oder Klüftung der Felsen, dem Spreng- und Zündmittel, der Zahl und Tiefe der Bohrungen zu richten. Die Bohrung muss anstreben, freies Gestein von der Mitte aus zu lockern, von verspannten grossen Massen die oberen (Aussen)-Teile an einer Kluft (Schicht, Abgang) seitwärts abzuwerfen und dadurch weiteres Gestein freizustellen — klüftiges Gestein mehr in kleinen Schussanlagen, ganzes (derbes) in tieferen mit grösseren Ladungen. Die Tiefe und Ladung der Bohrlöcher und ihr Abstand von den Gesteinsrändern muss der Masse und Festigkeit des zu lösenden Gesteins, der sog. „Vorgabe“ entsprechen.

Nach Gewinnung einer ebenen Fläche mit Schlegel und Eisen wird der Anbohrer winkelrecht oder etwas stumpf angesetzt und mit leichten Fäustelschlägen die Führung angebahnt. Vor jedem Schlage den Bohrer drehend verstärkt oder schwächt man die folgenden Schläge nach dem Gefühl der Hand, hebt das lästig werdende Bohrmehl

---

16) Als Sprengmittel, die in neuerer Zeit vielfach an Stelle des Dynamites benützt werden, wären zu nennen: Die Nobelsche Sprenggelatine, Schiessbaumwolle und Diorexin (ein Pikrinsäurepräparat mit 43 % Kalium = 23 % Natriumsalpeter, 13 % Schwefel, 7,5 % Holzkohle, 10,5 % Buchensägspähne).

Von den Nobelschen Dynamitfabrikaten werden empfohlen

Für mildes Gestein	Nr. 3 mit 35 % Nitroglyzerin	Entzündungspunkt 180°
„ mittelhartes „	„ 2 „ 45—50 % „	Gefrierpunkt + 8°

Handbuch der Ingenieurwissenschaften von G. Meyer u. L. Willmann. 3. Auflage Band I. 2. Abt. pag. 28 f.

zeitweise mit dem Räumlöffel aus, feuchtet im Bohrloch nach[17]), lässt dem stumpfgewordenen Bohrer einen frischen oder den Mittelbohrer folgen, zur rascheren Förderung der zuerst einmännigen die zwei- oder dreimännige Arbeit, bis die gewünschte Tiefe erreicht ist. Erfolgt die Ladung später, so erhält das völlig geräumte Bohrloch schützenden Verschluss. Grössere Sprengungen, welche viele Bohrungen verlangen, gewinnen oft an Zeit und Wirkung durch gleichzeitiges Abtun mehrerer Schüsse. Gleichzeitigkeit der Zündungen ist dann durchaus geboten und wird auf elektrischem Wege am sichersten erreicht. Bei Sprengpulver (Korn bis 6 mm) erfordern 100 gr 100—130 cbcm Ladraum, also

für eine Bohrweite von	2,5	3,0	3,5	4,0 cm
eine Höhe der Pulverkammer in cm von	20—26	14—17	10—12	8—9

Es erfordern demnach

Ladungen von	eine Bohrweite	Bohrtiefe
50 bis 100 gr	von 2,5 cm	bis 0,6 m
200 „ 800 „	„ 3,0—3,5 „	„ 1,0 „
1000 „ 1500 „	„ 3,5—3,8 „	„ 1,5 „

Die Besatzhöhe muss dabei der Ladhöhe mindestens gleichkommen.

Bezüglich der „Vorgabe“ wird als Norm angenommen: bis zu 1 m Vorgabe 2,8 cm
von 1,2 bis 1,8 m Vorgabe 4,0 cm
„ 2,0 „ 2,5 „ „ 5,25 „

Weite der Bohrlöcher, wozu Bohrer von 2,45—3,7—4,9 cm Kronenbreite nötig sind.

Die neueren Sprengmittel erfordern geringere Bohrweiten und -Tiefen, weil sie stärker wirken, kleinere Ladungen und Besatzhöhen nötig sind.

Das Laden geschieht am besten kurz vor dem Schiessen und dieses in den Ruhestunden, um die übrigen Arbeiten nicht zu unterbrechen und niemand zu gefährden. Pulver wird in schussfertigen Patronen in die Pulverkammer (Sack) des Bohrlochs geschoben, nachdem die Zündschnur (eine etwa 5 mm dicke harzüberzogene Röhre aus Hanfgespinst, deren Höhlung einen Pulversatz enthält) hakenförmig mitten in die offene Patrone gesteckt und in deren geschlossene Hülse fest eingebunden ist. Hat man den Schiesspfropfen (aus Filz, Werg oder dergl.) mit dem Ladstock aufgesetzt, so wird der Besatz (Ziegelmehl, Lehmpulver) eingefüllt und erst leicht, dann fester mit Ladstock und Schlegel eingestampft.

Dynamit wird in Patronen von geringerer Dicke als die Bohrweite bis zur Sohle geschoben und so eingepresst, dass die weiche Masse den Raum ganz füllt. Muss eine zweite folgen, so wird sie ungeöffnet satt aufgesetzt. Die oberste nimmt, nach Entfalten der Hülle, die Zündschnur auf, an deren Ende die 2—3 cm lange Zündkapsel mit einer Zange angepresst ist, worauf die Hülle mit Bindfaden verschnürt wird. Ist diese „Zündpatrone“ vorsichtig auf die Ladung geschoben, so wird ein loser Besatz z. B. Sand aufgeschüttet oder weicher Lehm eingestrichen. Im Nassen müssen die Patronen durch Einfetten wasserdicht gemacht sein. Ist das Dynamit erstarrt, was schon bei $+ 8^0$ eintritt, so muss es vor dem Gebrauch vorsichtig erwärmt werden[18]).

Beim Abtun der Schüsse sind folgende Sicherheitsregeln zu beachten. Man stellt Wachen, gibt Signale und nimmt Deckung um ausser Schussbereich zu

17) Nassbohren schlägt den Staub nieder, kühlt den Bohrer, mindert seine Abnutzung, erleichtert die Arbeit, verrät etwaige Klüftungen, mutet jedoch bei Pulversprengung sorgliche Trocknung der fertigen Bohrlöcher zu.

18) Nicht am Feuer, sondern in warmen Tüchern oder besser in Blechkästchen mit Doppelwänden, in welche durch eine verschliessbare Spundröhre bis zu 30^0 erwärmtes Wasser eingefüllt wird.

kommen. Geht ein Schuss nicht los, so muss (nach 10—15 Min.) vorsichtige Nachschau die Ursache erforschen und entweder die Zündung erneut oder ein fehlerhafter Pulverschuss nass ausgebohrt werden. Die Ursachen des Versagens können am Sprengstoff, Gestein, Bohrloch oder an der Zündvorrichtung liegen[19]). Sind sämtliche Schüsse losgegangen, so werden die Trümmer beseitigt, die nur zerklüfteten Felsteile mit Brecheisen und Pickel beseitigt, ehe mit der Neuanlage von Bohrlöchern begonnen wird.

§ 26. Soweit die gelösten Erd- und Steinmassen nicht an Ort und Stelle oder im Bereich eines — allenfalls 3maligen — Schaufelwurfes (ca. 10 m) verbaut werden können, müssen besondere Transportmittel gewählt werden. Hierzu empfehlen sich: bei Entfernungen bis zu ca. 80 m der einrädrige Handkarren, darüber für kleinere Massen der zweiräderige Schiebkarren, für grössere Massen der Kippwagen mit Geleise. Diese werden bei Waldwegbauten alle von Menschen bewegt, daher sollte darauf gesehen werden, dass der Transport tunlichst bergab zu geschehen hat. Von Pritschenwagen und ähnlichen Fuhrwerken wird seltener Gebrauch gemacht.

Zur Bemessung des Aufwands und zu zeitiger Vorkehrung für geeignete und genug Fördermittel muss, wo grössere Massen zu fördern sind, die **Förderweite** ermittelt werden d. h. der wagrechte Abstand zwischen den Schwerpunkten des Abtragskörpers und der Auftragsmasse, welche man aus den Profilzeichnungen ableitet oder gutächtlich bestimmt[20]). Sind Ueberschüsse mehrerer Strecken auf mehrere Baustellen zu verteilen, so muss die **mittlere Entfernung** berechnet werden. Bei einfacher Sachlage kann man so (siehe Fig. 38) verfahren:

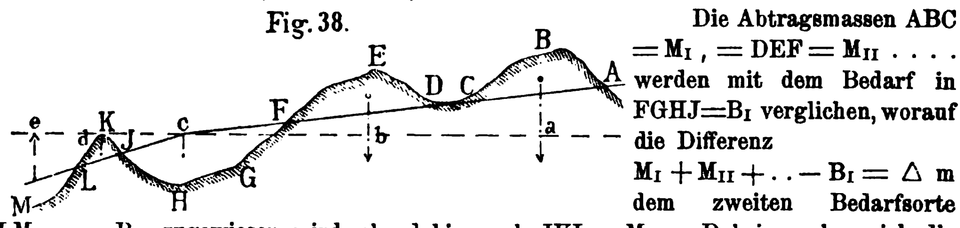


Fig. 38.

Die Abtragsmassen ABC $= M_I$, $= DEF = M_{II}$ .... werden mit dem Bedarf in $FGHJ = B_I$ verglichen, worauf die Differenz $M_I + M_{II} + .. - B_I = \triangle m$ dem zweiten Bedarfsorte $LM ... = B_{II}$ zugewiesen wird, ebendahin auch $JKL = M_{III}$. Dabei ergeben sich die Förderstrecken

$$ac = d_1 \text{ für } M_I, \quad bc = d_2 \text{ für } M_{II} - \triangle m,$$
$$be = d_3 \text{ für } \triangle m \text{ u. } de = d_4 \text{ für } M_{III}$$

woraus mittlere Förderweite

$$D = \frac{M_I \cdot d_1 + (M_{II} - \triangle m) \, d_2 + \triangle m \cdot d_3 + ..}{M_I + M_{II} + ...}$$

d. h. D ergibt sich aus der Division der ganzen Abtragsmasse in die Produkte der Abtragsstücke und ihrer Entfernungen von ihren Abladestellen.

Für grössere Wegbauten ermittelt man die annähernde Ausgleichung zwischen den Abtragsüberschüssen und den Abladeorten und die daraus sich ergebenden Förderweiten am besten durch ein graphisches Verfahren, deren zwei am häufigsten im Gebrauch sind

a. eine Abwägung zwischen den auf eine Abszissen-Achse (-Weglänge) als positive (‡) und negative (—:—) Ordinaten nach oben und unten aufgetragenen Ab- und Auftrags-Querflächen,

---

19) Die Zündschnur muss aus dem Bohrloch noch 20—30 cm hervorragen; direkt oder durch ein Stück Zunder oder Schwefelfaden entzündet, muss sie dem Luntenführer Zeit zur Deckungnahme lassen. Zum Abbrennen der Zündschnüre rechnet man so viele Sekunden, als sie cm Länge haben.

20) Die Unregelmässigkeit und ungleiche Dichtheit der Erdkörper lassen eine genaue Feststellung nicht zu; der Zweck bedingt sie auch nicht.

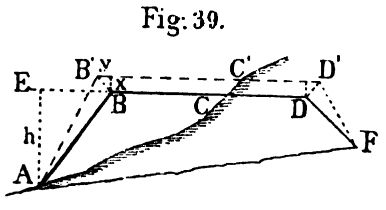
b. eine Abwägung zwischen den zuvor berechneten Ab- und Auftragsmassen der Einzelstrecken durch Auftragung der algebraischen Summen der Abgleichsmassen (Diff. des Ab- und Auftrags) als Ordinaten auf eine Abszissen-Achse (Weglänge) und Herstellung des sog. Abgleichungszuges durch Verbindung der Ordinaten-Endpunkte.

Ein drittes Verfahren ergäbe sich aus dem Eintrag aller endgültigen Abtrags- in die Auftrags-Querflächen und der Zuweisung der ⧺Differenzen von oben nach unten in die nächsten ÷Differenzen, unter Weglassung geringfügiger Beträge.

Soweit schliesslich die Abgleichung einen Abtrags-Ueberschuss oder Mangel belässt, ist entweder eine Ablagerungsstelle oder ein Bezugsort noch zu ermitteln[21]).

§ 27. Um durch die Aufschüttungen die Bauzwecke zu erreichen, müssen die Erdmassen gleichmässig aufgeschichtet, verteilt, abgeglichen, ihre gröberen Teile nach unten und innen gebracht, von Pflanzenteilen befreit, die feineren und humosen Teile zur Deckung der Böschungswände verwendet werden. Sehr lockerer Boden ist längs den Böschungen durch Befeuchten, Feststampfen, Vermischung mit bindigerer Bodenart zu befestigen, bis Samen und Wurzeln eine Begrünung bewirken. Ein Setzen (Sacken) tritt dennoch ein, weniger bei Sandboden, mehr bei tonigen, kalkigen, sehr humosen oder steinigen Böden. Es ist daher ratsam, den Aufbau je nach der Erdart um so viele Proz. der Höhe über die Lattenprofile wie S. 320 angegeben, zu erhöhen und über die Wegkrone zu verbreitern, dass (Fig. 39) die Wegkrone des Auftrags BC (oder des Dammes BD) um x (= 0,op . h) höher und um y = 0,op' . h) bezw. um 2 y breiter hergestellt wird, um ihr das Normalprofil ABC . . . zu sichern.

Fig: 39.



Die Erdböschungen sind nach den Geraden oder Kurven-Linien des Wegzugs als flache oder gekrümmte Wände mit gestrecktem Profil, wenn aber über 3 m hoch, mit 0,3 bis 0,6 m breiten Absätzen (Bermen) auszubauen, letztere beiläufig wagrecht.

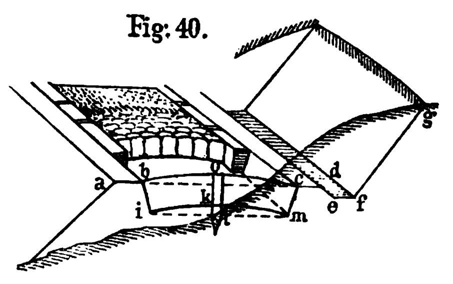
Die Wegkrone wird in flacher Wölbung angelegt, mit Erhöhung der Mitte, damit alle Niederschläge nach beiden Rändern abziehen können.

Der Vorschlag, eine Wegebene mit schwacher Neigung gegen die Talseite anzulegen und die vom oberen Böschungsrande kommenden Niederschläge quer über die Wegkrone abziehen zu lassen, entspringt ganz irriger Anschauung, denn die Gebirgswege haben Gefälle, fangen das Wasser mit ihren unvermeidlichen Gleisen auf und werden dadurch bei heftigem Regen überflutet und verschlammt oder ausgewaschen.

Bei Erdwegen wird sogleich die endgültige Bahnwölbung hergestellt, deren Mitte um $^1/_{20}$ bis $^1/_{25}$ der Kronenbreite (b) höher als die Ränder sein soll.

Schotterbahnen aus weichem Gestein erhalten eine Wölbungshöhe von $^1/_{25}$ bis $^1/_{30}$ b, vollausgebaute Steinbahnen von $^1/_{30}$ bis $^1/_{40}$ b (z. B. wenn b = 4,5 m, Wölbhöhe 18, 15, 11 cm). Das Wölbungsprofil hat jedoch am besten die Form flacher Mittenwölbung mit beiderseitiger Abdachung. Man erreicht dies am besten, wenn bei dem Erdbau schon (Fig. 40) die Abwölbung der Fahrbahn abcd vorbereitet wird, indem man dem zwischen bi und cm offen gelassenen Raum des „Steinbetts" die gewölbte Grundfläche ikm gibt, was durch Abpfählung und Ausspannen von Schnüren

Fig: 40.



21) Durch die vertikalen oder seitlichen Verschiebungen der Zugslinie kann oft eine völlige Ausgleichung von Ab- und Auftrag innerhalb kurzer Strecken erreicht und der Ansatz

in der Länge und Quere leicht zu erreichen ist. Zugleich hiemit wird die beiderseitige Einfassung („Fussbank") abi und mcde hergestellt, dagegen Graben- und Böschungswand (Profil defg) erst nach der Versteinung der Bahn vollendet[21a]).

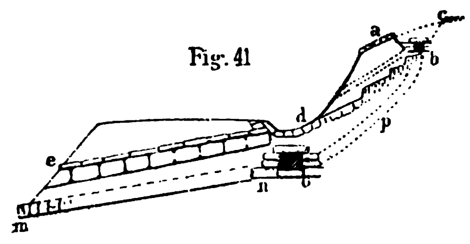
§ 28. Wasserableitung. Schon während der Erdbauten drängt sich oft die weitere Aufgabe heran, nasse Bodenstellen zu entwässern, versteckten Quellen dauernden Ablauf zu schaffen und die sonstigen Wasserzuflüsse aus dem Baubereich durch vorläufige oder ständige Anlagen abzuwehren und weiterzuleiten. Das Wasser kann durch Aufweichen und Abspülen der Erdmassen, durch Ueberflutung oder Unterwühlen der Bauten, als Eis durch Lossprengen und Zerbröckeln, durch Verstopfen von Kanälen schaden. Zur Ableitung dienen Sickerkanäle, offene Gräben und trichterförmige Versenkungen, zur Abwendung Dämme, zum Auffangen künstliche Behälter, Wehre.

Geringen Wassermengen muss durch Schaffung von Gefäll oder dessen Vermehrung Abzug verschafft; für grösseren Zudrang muss das Gefälle geregelt, ein genügendes Ablaufprofil gegeben und die Bauanlage befestigt werden; Sammel- und Ablauf-Vorrichtungen müssen der Grösse der Sammelfläche entsprechen.

Genügen in der Ebene Einfassungsgräben in Verbindung mit trichterförmigen Senklöchern nicht, so müssen die Grabenanlagen vertieft und verbreitert und muss der Weg mit dem Aushub dammartig erhöht werden.

Neue Kanäle im Hügel- und Bergland dürfen weder dem Nachbargelände das Wasser entziehen noch im Uebermass an beliebigen Punkten zuwenden. Bisher bestandene Wasserläufe dürfen geregelt, aber nicht willkürlich verlegt werden. Unvermeidliche Ansammlungen müssen durch starke Eindämmungen gehalten, dürfen nur langsam und in unschädlichen Richtungen entleert werden.

Versteckten Zuflüssen muss nach dem Trockenlegen (Ausschöpfen, Auspumpen) der sog. Nassgallen durch Entgegengraben nachgeforscht werden. Oberhalb der Wege lassen sich lästige Zuflüsse durch Gräben, wie abc in Fig. 41, auffangen, welche man offen oder als Sickerkanäle hinter der Abtragsböschung parallel hinziehen lässt und in Abständen durch Einschnitte (oder Gräben) wie bd in den Strassengraben oder durch einen weiteren Sickerkanal oder Durchlass de unter dem Wege durchführt, überall mit ausreichender Steinschüttung und Bodenbefestigung.



Ueberquert eine dammartige Weglinie ein Tal, welches zeitweise grosse Wassermengen führt, so nieder über der Talsohle, dass eine Brücke vom Wasser erreicht würde, so muss in der Talmitte die Wegkrone bis auf die Talsohle gesenkt und durch starke Pflasterung ein sog. „Ueberfall" gebildet werden, über welchen die Gewässer ohne Rückstauung ablaufen können.

§ 29. Herstellung der Fahrbahnen. Zu ständigem Gebrauch für gewöhnliches Spannfuhrwerk muss die Fahrbahn eines Weges jene gleichmässige Festigkeit haben, welche dem Fuhrwerk eine rasche leichte Fortbewegung mit geringster Reibung, ohne Stösse, mit voller Ausnützung der Zugkraft gewährt, der Aufweichung

besonderer Förderungskosten durch etwas höhere Veranschlagung der Erdarbeiten ersetzt werden.

Die hier geschilderte (oben unter b. erwähnte) Methode wurde zuerst von dem bayr. Ingenieur Bruckner dargestellt und ist seit lange in Bayern in Anwendung. Ed. Heyer behandelte dieselbe näher in A. F. u. J.Z. Suppl. H. 2. S. 104.

21a) Wird das Gestein für das Gestück nicht in der Baufläche gewonnen, oder der Weg erst als Erdweg angelegt und später fundamentiert, so ist die Krone im Rohbau um den Betrag niedriger anzulegen, der der Aushubsmasse des Fundaments dividiert durch die Wegfläche entspricht.

und Geleisbildung widersteht und lange Haltbarkeit verspricht. Dies ist nur durch Herstellung als Steinbahn erreichbar, welche zu bestehen pflegt

a. aus Rand- oder Bordsteinen,

b. dem Grundbau oder Gestück,

c. der Schotterdecke oder dem Beschläge.

Längs der Fussbänke (bi und cm, Fig. 40) stellt man dazu hergerichtete 20—40 cm lange, 15—20 cm breite und halb so dicke Bruchsteine nach dem Gefäll, der Höhe und Breite der Fahrbahn möglichst senkrecht auf, sie mit kleineren Steinen befestigend, so dass sie beiderseits die Fahrbahn einrahmen. Noch grössere Festigkeit wird erzielt, wenn (wie in Fig. 42) die Randsteine auf der Bergseite dicht an die innere Steinböschung gerückt zugleich die Wasserrinne bilden, auf der Talseite dagegen ein festes Steingefüge das Banket einnimmt.


Fig. 42.

Dazwischen werden sodann, zur Herstellung des Gestücks, quer zur Strassenachse 10 bis 20 cm dicke Steine aufrecht oder gegen das Gefälle in Reihen gestellt, die Fugen wechselnd, mit der Spitze oder Kante nach oben. Durch gespannte Schnüre oder Auflegen des Richtscheits und einer hölzernen Weglehre (Lehrbrett) wird ihr Einlegen nach dem Gefälle (aufwärts ihm entgegen) und nach der Bahnwölbung geregelt. Ungleichheiten werden durch Abschlagen vorragender Stücke, Nachfüllen von Lücken und Verkeilen ausgeglichen, um volle Festigkeit gegen den schiebenden Druck der Fuhrwerke herzustellen. Ein Ueberführen mit einer dünnen Kies-, Erd- oder Sandschichte ergänzt diese Anlage, bevor die Beschotterung folgt. Eine Schichtstärke des Gestücks von 15—20 cm genügt bei gutem Untergrund und Gestein und für schwächeren Verkehr, bis zu 30, selbst 35 cm geht man bei Hauptwegen, weicherem und reichlich verfügbarem Gestein.

Auf diesen Grundbau wird die Schotterdecke (Decklage, Dolle) als oberste 7—10 cm hohe Schichte aufgeschüttet. Die Schichtenhöhe von Gestück und Schotter soll sich durchschnittlich wie 2—3 zu 1 verhalten; Ergänzung muss bei letzterem weiterhin nach Bedarf nachfolgen. Die Schottersteine sollen rein, gleichgross, körnig oder würfelförmig sein und bei hartem Gestein 3—4 cm, bei weicherem höchstens 6 cm Würfelkante haben. Beim Einlegen breitet man sogleich den Schotter gemäss der Bahnwölbung aus, mit etwas höherer Aufschichtung in der Bahnmitte.

Zum Gestück und Schotter sind feste, harte dauerhafte Gesteinsarten zu verwenden. Wo die Beschaffung schwierig und teuer ist, können für ersteres auch Steine von geringerer Güte noch Verwendung finden, während aus weichem, verwitterndem und bindemittelarmem Schotter niemals eine glatte feste und geschlossene Fahrbahn sich bilden kann. Als vorzüglichste Gesteine haben sich die Porphyre, Klingsteine, Dolerite und Basalte, die Grauwacke, die sog. Urgebirgsgesteine, als ausreichend gut Dolomite, die meisten Kalksteine und die härteren Tonschiefer, als ungeeignet zur Herstellung fester Bahnen die Sandsteine erwiesen, welche selbst zum Gestück nur zulässig sind, wenn sie der Verwitterung widerstehen und einige Härte besitzen. Auch feste Schlacken sind zum Grundbau verwendbar. Die Güte von Bach- und Grubenkies richtet sich nach dem Ursprungsgestein. Ein Gestück aus weicheren Gesteinen bedarf immer der Eindeckung mit einer bindigen Erdschichte und einer verstärkten Ueberschotterung[22]).

Nach dem Einlegen des Schotters wird die Rauheit der Oberfläche gemindert

22) Ueber abweichende Formen der Bahnherstellung siehe A. F. u. J.Z. v. 1878 Maiheft u. 1880 Novbr.H.

und der Zusammenhalt verbessert durch ein leichtes Ueberdecken mit lockerer Erde, eine sofortige Fahrbarkeit mit voller Ladung jedoch erst durch künstliche Befestigung und Verdichtung der Bahn mit der Strassenwalze erreicht. Alle sonstigen Mittel stehen weit zurück [23]).

Man beginnt das Anwalzen mit der leeren oder zu $^1/_3$ gefüllten Walze in ruhigem stetigem Schritt der Zugtiere und wiederholt es mit voller Walze, bergauf wo nötig mit Vorspann, damit die Tiere die Gangart nicht ändern müssen.

Jeder Neubau heischt in den ersten Jahren fleissige Nachhilfe, besonders im Frühjahr.

§ 30. Waldwege für ständigen Verkehr müssen ausgebaute volle Steinbahn haben. Für aussetzenden Gebrauch bedarf es jedoch zahlreicher Verbindungswege, deren Herstellung billiger sein muss. Ersparnisse lassen sich an ihnen je nach örtlichen Verhältnissen und verfügbaren Baustoffen in verschiedener Weise erzielen:

A. Beschränkte Steinbahnen.

1. Auf festen (oder gedichteten) Untergrund wird grober Schotter aufgeschüttet und nach dessen Uebererdung eine feinere Schotterdecke (oder Kies) aufgelegt;

2. der Steinbau wird nur in zwei getrennten Streifen von solchem Abstand und solcher Breite durchgeführt, wie die üblichen Fuhrwerke nach ihrer Spurweite laufen (Verfahren von Koltz in Luxemburg)[24]);

3. die Bahn wird durch Kiesaufschüttung hergestellt, die durch ein Wurfgitter oder ein starkes Drahtsieb geschiedene gröbere Sorte als Unterlage, die feinere als Bahndecke.

B. Erd- und Holzbahnen.

4. Einfache Erdbahnen können durch entsprechende Wölbung und Unterhaltung (Wasserableitung, Einziehung der Geleise, Ueberführung mit grobem Sand, Kies, Gesteingrus) bei trockener Witterung, Frost oder Schneebahn, als Zufahrtswege örtlich ausreichen, wenn die Abfuhr sich auf gewisse Jahreszeiten beschränkt.

5. Trockener Sand- und Heideboden kann durch Verebnung, Ueberführen mit bindiger Erde, Einlegen von Flechtwerk, Heide- und Torfplaggen, das ausstreichende Wurzelwerk dicht am Rande gepflanzter Kiefern u. s. w. als tragbare Bahn für leichtere Holzfuhren hergestellt werden.

6. Au- und Moorböden werden zur Erschliessung

a) wenn flachgründig, bis auf festen Untergrund in voller Wegbreite ausgehoben und durch eine Dammaufschüttung aus mineralischem Boden ersetzt, mit grober Ueberkiesung der Dammkrone, Befestigung der Böschungen mit Rasen oder Pfahl- und Flechtwerk (Berauwehrung);

b) wenn zu tief, mit einem Holzbau überdeckt, welcher die tragfähige Unterlage einer Dammaufschüttung zu bilden hat. Dieser Holzbau kann von dreierlei Art sein, nämlich ein Gerüstwerk aus aufrecht in den Boden versenkten Pfahlhölzern, welche in der Wegrichtung verlaufende Streckbäume und über ihnen einen aufgenagelten Beleg von Bohlen oder Stangen tragen — oder (bei geringerer Zumutung an die Tragfähigkeit) eine auf Längshölzern befestigte Knüppelbrücke, deren Querstücke auf

23) Die Anschaffungskosten für eine eiserne Strassenwalze mit Anspann-Vorrichtung. von der für Waldwege noch genügenden Grösse und Konstruktion, betragen 1200—1300 M. und tragen sich durch die Ersparnisse an den Kosten der Wegpflege reichlich aus, da ein Stück für mehrere Forstbezirke genügt.

24) Siehe Krit. Bl. v. Nördlinger, 1867, I. B. S. 256.

beiden Rändern durch längslaufende, aufgenagelte Beleghölzer gehalten werden — endlich ein dichter Bodenbeleg (Buhnenwerk) aus Faschinengebunden, welche quer über die Wegrichtung, die dünnen Enden gegen innen, dicht verlegt und durch Pfähle und Flechtruten in 2 oder mehr Schichten an den Boden befestigt werden. Auf jede dieser Holzunterlagen wird eine schwache Kies und Erdlage aufgebracht.

C. Die Befestigung der Seitenflächen.

§ 31. Zur Erhaltung eines Wegs und zu seinem ungefährdeten Gebrauch müssen die Seitenwände, welche durch Anschnitt eines Hanges oder eine Anschüttung entstehen entweder in einem Böschungswinkel, welcher ihnen das natürliche Gleichgewicht verleiht angelegt oder künstlich befestigt werden.

Wenn das Böschungsverhältnis die Grenze des Gleichgewichts erreicht, so genügt es, als Vorkehr gegen Auswaschung und Abrutschung[25]), je nach der Art des Bodens und der drohenden Angriffe,

1) die Böschungen durch eine Ansaat mit Gras oder sonstigen niederen Gewächsen zu begrünen oder

2) streifenweise (wagrecht oder diagonal), schachbrettförmig oder ganz mit Rasen zu belegen, welcher mit kleinen Pflöcken festgenagelt wird, oder

3) die Böschungsflächen mit Pflanzen (bezw. Stecklingen oder Würzlingen) rasch wachsender Strauch- oder Holzarten zu besetzen, wozu sich Weissdorn, Hasel, Hartriegel u. dgl., Akazie, Weide, Hainbuche, Weisserle — Fichte und Tanne (auf bindigem frischem) und Kiefer (auf sandigem und trockenem Boden) eignen.

An Böschungen, welche das Wasser bespült, empfiehlt sich

4) die Berauhwehrung, d. h. das Einlegen von jungen, schlanken Weidenruten in den Böschungsfuss, Heraufbiegen über die Böschungsfläche und Befestigen mit wagrecht darüber gezogenen dünnen Weidengerten-Geflechten (Würste oder Wippen genannt), welche angepfählt werden, in Verbindung mit einer Anschüttung groben Gesteins;

5) der Faschinenbau, bestehend aus dichtgereihten, wagrechten, in die Böschung hinein gerichteten Faschinenlagen[26]), deren jede durch quer darüber gezogene, angepfählte Flechtwieden niedergehalten werden und absatzweise nach innen gerückt sich folgen.

Die Berührung des Gehölzes (Weiden, Schwarz- oder Silberpappeln, Haseln etc.) mit der auf- und hintergeschütteten Erde lockt beim Rauwehr- und Faschinenbau zahlreiche Ausschläge vor, welche zu einem dichten, bodenschützenden Geflechte verwachsen. Schweren Oberbau ertragen jedoch solche Holzbauten nicht.

Wo die Böschungen steiler als 45° oder sehr hoch werden, wo sie starkem Schub oder fliessendem Wasser widerstehen müssen, ist

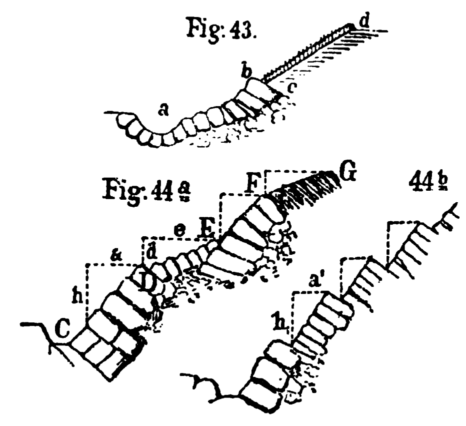
6) der Steinbau (Steinböschung) vorzuziehen. Die einfachste Befestigungsweise ist die Steinanschüttung in eingebogenem Profil ab, Fig. 43, hinter welcher die Erdböschung cd am besten etwas zurücksteht, während vor ihr eine Grabenrinne, ebenfalls mit Steinböschungen, das Gewässer fortleitet. Widerstandsfähiger ist die sorgfältige Fügung grosser Gesteinstücke mit nicht zu steilem Anzug (höchstens $a : h = 1 : 2$),

---

25) Erdabrutschungen an den Aufträgen entstehen entweder durch die Beweglichkeit (mangelnden Zusammenhalt, Steilheit etc.) der Anschüttung selbst, oder durch Lösung und Bewegung der Unterlage; in letzterem Fall ist diese selbst zuerst festzulegen, bezieh. zu entwässern oder zu ersetzen.

26) Unter „Faschine“ versteht man ein Gebund von Langreisig, in seiner natürlichen Länge 2- bis 3mal mit Wieden oder Draht festgebunden, mit 1 m Umfang.

die grösste Länge der Stücke bergein gerichtet, die Zwischenräume mit kleineren Stücken verkeilt, in absatzweisem Aufbau, entweder (Fig. 44a) das gröbere Gestein in steilerer Böschung CD und EF, wechselnd mit dem kleineren Gestein in $^1/_1$ Böschung DE, FG oder (Fig. 44b) bei Mangel an grobem Gestein in gleichmässigem Anzug, etwa a' : h' = 2 : 3, jedoch in Absätzen, welche auf je 1—1,5 m um 0,3 m einrücken — beides reichlich mit Gesteinstrümmern hinterfüllt, mit Sickerkanälen und Vorschüttungen für den Wasserablauf. Mit Hand- oder Stossrammen werden die Steine befestigt, die Hinterfüllungen eingestampft.



§ 32. **Der Mauerbau.** Gegen den Schub lockerer beweglicher Erdkörper bietet der Aufbau einer Stirnfläche, deren Ausladung eine kleine bleiben muss (z. B. $^1/_6$ oder $^1/_5$ h), in gutgefügten Steinmassen: als **Mauerwerk** — den wirksamsten Schutz. Der Bau von „Stützmauern" bedingt reichlichen Vorrat tauglicher Steine, sachverständige Arbeitskräfte und für diese Steigerung des Bauaufwandes triftige Gründe. Eine steilere Böschung kann aber unvermeidlich werden

a) weil eine volle Erdböschung auf Gewässer, fremdes, nicht erwerbbares Gelände, anstossende Bauten, einen steilen Abhang oder dergl. träfe,

b) weil sie eine grössere Erdmasse erforderte, deren Gewinnung, Anschüttung und (oder) Beifuhr die gleichen oder grössere Kosten verursachen würde,

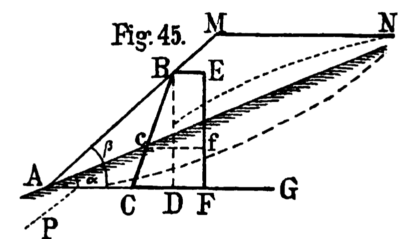
c) weil die Bodenbeschaffenheit zu Bedenken Anlass gibt u. s. w.

Wann und wo der Mauerbau vorzuziehen sei, muss vergleichend erwogen oder veranschlagt werden.

Beispiel (Fig. 45). Sollte an dem Wegdamme AMN die Böschung AB durch das Mauerprofil BC verkleinert werden, so würde der Ersparnis an

a. Baufläche in der Breite AC

b. Aufschüttung im Querschnitt ABC



der Aufwand des Mauerbaues mit der Krone BE und der Mauerhöhe Ef = h gegenüberstehen. Wäre das Dammprofil AM im Winkel MAG = β über dem Geländewinkel NAG = α, die Mauer dagegen mit dem Anzugswinkel BCD = γ und der Höhe h anzulegen (Höhe EF = H) — wären ferner cot $\beta = 1$, cot $\alpha = 2$ und cot $\gamma = 0{,}2$ (d. i. $^1/_5$ Anzug der Mauerlinie), so ergäbe sich am Dammquerschnitt, wenn H = 1 — 2 — 3 — 4 — 5 m, eine Einsparungsfläche ABc in qm zu 0,22 — 0,89 — 2,00 — 3,55 — 5,55[27]). Also bei H = 5 m, Mauerhöhe h = 3 m und bei 0,7 m Dicke der Mauerkrone würden auf 1 m Mauerlänge 3 cbm Mauerwerk nötig, um 5,55 cbm Erdanschüttung zu sparen.

Sollte hier das Mauerwerk billiger werden, so dürfte 1 cbm nicht über 5 M. kosten, während die Erd-Gewinnung und Beifuhr über 2,5 M. p. cbm und der Ankauf der Baufläche (AC = 4 m) schon über 0,5 M. p. qm kosten müsste.

Günstiger für den Mauerbau (und sicherer für die Anlage) wäre aber ein Geländeprofil wie NcP, ausgesprochen günstig für den Erdbau das Profil ACfN (wegen des höheren massigeren Mauerwerks).

---

27) Diese Zahlen stützen sich auf die für die drei cot α, β und γ entwickelte Gleichung (worin ABC — AcC = Δ)

$$\Delta = {}^1/_2\, H^2\, \frac{(\beta - \gamma)(\alpha - \beta)}{\alpha - \gamma}.$$

In der Regel vermittelt in dieser Frage eine sog. halbe Futtermauer, d. h. eine innerhalb halber Höhe von AM angelegte Mauer, deren Errichtung im Walde sich als Trockenmauer, d. h. als Bau aus grossen lagerhaften Steinen ohne Bindemittel noch günstiger stellt, als bei der Speismauer. Denn erstere erspart die Umstände und Kosten der Mörtelbereitung und Verwendung, ist in jeder Jahreszeit herzustellen, hemmt den Wasserablauf und die Abtrocknung nicht, leidet daher weniger durch Frost — nur bedingt sie mehr Anzug, mehr und gröbere Bausteine, $1^1/_5$—$1^1/_3$ der Speismauerstärke.

Jedes Mauerwerk muss dem Druck der Erdmasse. welche zwischen ihm und der natürlichen Abböschung der letzteren liegt, durch sein Gewicht und bindiges Gefüge so grossen Widerstand entgegensetzen, dass seine Standfestigkeit auch noch ausreicht, wenn Wasser, Frost, Wurzeln oder Erschütterungen die verschiebende oder umstürzende Gewalt der Hinterfüllung verstärken. Aber die volle Sicherheit soll nicht durch übertriebene Mauerstärke zu teuer erkauft werden. Die Widerstandsfähigkeit ist nicht allein in der mittleren Mauerdicke, dem festen Gefüge und Gewicht zu erreichen, sondern zugleich in dem Anzug der Stirnseite (Verstärkung nach unten mit der Zunahme der Höhe), einem guten Mauerfuss (Fundament) und örtlichen Verstrebungen durch die sog. Pfeiler.

Es ist deswegen bei Trockenmauern Regel:

1) eine obere (Kronen-)Stärke nicht unter 0,60 m,

2) an der Vorderseite (Stirnfläche) $^1/_6$—$^1/_5$ Anzug und an der Rückseite Absätze von je 0,15—0,20 m auf je 1 m Höhe,

3) Verstärkungen dieser Zahlensätze gegen mutmassliche Erschütterungen,

4) ein starker (etwa um 0,3—0,6 m vorspringender) und 0,6—0,8 m tiefer Mauerfuss auf fester, bezw. verdichteter oder durch eingelegte Bodenplatten hergestellter Unterlage,

5) schichtenweiser Aufbau aus lauter lagerhaften, mit ebenen Stossfugen zugerichteten Steinen in richtigem Verband, d. h. jede Stossfuge zweier Steine gedeckt durch einen Stein der nächsten Schichte und Verspannung durch Auskeilen der Fugen,

6) die Schichten senkrecht zur Mauerstirne (also nach innen geneigt, die kleinere Zahl der Steine mit der grössten Länge quer in die Mauer, aber keine auf die schmalste Fläche gestellt,

7) beim Mangel an groben lagerhaften Steinen Absätze von 0,1—0,2 m auch auf der Stirnseite oder Speismauer,

8) keine Trockenmauern von mehr als 10 m Höhe und

Fig. 46

9) wenn Mauerhöhe (= h) über 5 m, mit Strebpfeilern (Fig. 46) von 0,7 bis 0,8 h Höhe, 0,3 h Breite, 1 bis 1,5 h Abstand und 0,15 h Fuss,

10) für den Wasserablauf (wo nötig) vorherige Entwässerung, kleine Abzugskanäle durch die Mauer und Hinterfüttern der letzteren mit Steintrümmern und unbindiger Erdart.

Für 1 cbm Trockenmauer sind, in Vorratshaufen geschichtet, 1,30—1,40 Raummeter Bruchsteine nötig.

Speis- oder Mörtelmauern werden gebaut, d. h. sämtliche Steine in rasch verhärtende Bindemittel gesetzt,

a) wo die Bauzwecke wenig oder keinen Anzug zulassen (z. B. Durchlässe, Gewölbe),

b) die Mauerhöhe 8—10 m überschreitet,

c) nur Backsteine oder geringe Bruchsteine zu haben sind,

d) fliessendes Gewässer das Mauerwerk bedroht.

Das gewöhnliche Bindemittel, der Luftmörtel, ist ein mechanisches Gemenge aus $^2/_3$ Quarzsand und $^1/_3$ gebranntem kohlensaurem Kalk, nachdem er zu Kalkhydrat abgelöscht ist. Für 1 cbm Mauerwerk bedarf man durchschnittlich 0,25 cbm Mörtel (und zu dessen Herstellung 0,22 cbm Sand und 0,11 Kalk) sowie 1,3 Raummeter Bruchsteine mit 75—80% Masse.

Zu Wasserbauten dient der hydraulische oder Wassermörtel, bei dessen Zubereitung die chemische Anziehungskraft zwischen Kalk, Thonerde und Kieselsäurehydrat benutzt wird, um Bisilikate unter Vermittlung hinzutretenden Wassers herzustellen, welche rascher verhärten (nach 4—6 Wochen steinhart sind).

Der Luftmörtel bedarf Zeit zur Zubereitung, der Wassermörtel wird unmittelbar vor Gebrauch bereitet. Frost zerstört aber bei beiden leicht die Bindekraft. Dagegen schliessen sich Speismauern gegen Wasser, eindringendes Wurzelwerk und Erdschub besser ab, haben mehr Gewicht und Zusammenhalt, erlauben daher steileren Anzug und schwächere Anlage.

Ist der Untergrund nachgiebig und unzuverlässig, so lässt man eine künstliche Gründung durch die sog. Betonierung oder ein Holzrostwerk dem Mauerbau vorhergehen.

§ 33. Bauten zum Ablauf des Wassers. Als Anstalten, um alles fliessende Wasser, bevor es die Bauten beschädigt, aus ihrem Bereich fortzuleiten, dienen

die Seitengräben, die Querrinnen, die Sickerdohlen und die Durchlässe oder Abzugsdohlen.

Selbst in der Ebene nützt die beiderseitige Wegbegrenzung mit Gräben. Sie stellen den Wegkörper frei und fördern seine Abtrocknung; das Wasser führen sie seitwärts in Senklöcher oder in Hauptgräben ab. In nassen Tieflagen vergrössert man die Gräben.

Wo die Wegkrone in den Boden einschneidet, einseitig an Berghängen, beiderseitig bei Durchschnitten (Hohlgassen), müssen die Strassengräben längs des Böschungsrandes das niederrieselnde Wasser aufnehmen und weiterleiten; hiezu müssen sie ein genügendes Querprofil und Gefälle erhalten, mindestens 20 cm Sohlenbreite, 30 cm Sohlentiefe und 30—40 cm obere Weite, bei lockerem Boden und mehr als 7% Gefäll der Strasse eine gepflasterte Sohle und beraste Böschungen.

Die aufgenommenen Regen-, Schnee- oder Quellwasser müssen dann von Strecke zu Strecke von der Berg- auf die Talseite über die Wege oder unter ihrer Oberfläche hinweg in die natürlichen Rinnsale geleitet werden. Wo die Neigung des Geländes zu gering ist, um in geschlossenen Querkanälen das Wasser unterirdisch abfliessen zu lassen, oder die Kosten dafür zu beträchtlich erscheinen, lassen sich schief über die Bahn

1. Quermulden (Kehren) aus kleinen Erdaufwürfen oder eingelegten steinernen Schwellen herstellen,

2. hölzerne Querkanäle mit einem Schwellenpaar aus behauenen Stämmchen (am besten Eichenkernholz), welche an Pfahlhölzer befestigt und durch 2 oder 3 Querstücke in gleichem Abstand erhalten werden;

3. Pflasterrinnen in flachen Mulden von 1,2—1,5 m Breite und 15—20 cm Tiefe, an beiden Längsrändern durch tiefer greifende Bordsteine eingefasst, das Pflaster in Sand gesetzt und festgerammt.

Alle diese Vorkehrungen teilen jedoch den Uebelstand, dass das Fuhrwerk beim Uebergang Stösse erhält und ausübt, das Wasser bei raschem Andrang überläuft, im

Winter aber Schnee und Eis sie anfüllt.

Soll ein Weg auf einem mit versteckten Wasseradern durchzogenen — „quelligen“ Boden gebaut werden, so muss mit den Vorkehrungen zum Wasserabzug schon beim Erdbau begonnen werden. Man gräbt zuerst dem Wasser entgegen, entfernt alle schlammigen und moorigen Bodenteile, legt in der Längsrichtung des Weges, innerhalb des oberen Böschungsrandes oder unter der Wegmitte, einen sog. Sickerdohlen an d. h. man baut zwei lockergeschichtete Trockenmauern von 0,4—0,5 m Abstand und Höhe auf, füllt sie mit grobem losem Gestein, überdeckt sie mit Steinplättchen (oder in deren Ermangelung mit Reisig, Rasen-, Moosplaggen und dergl.) und deckt sie mit steinigem (grusigem) oder kiesigem Boden.

In Abständen von 10 oder mehr Metern kreuzen dieselben in der Querrichtung ähnliche Dohlen, wie die ersteren, mit schwachem Gefälle. Ist die obere Wegböschung sehr wasserreich, so wirkt ein Parallelgraben im Berghang in Verbindung mit Sickerungen, welche unter dem Strassengraben hindurchziehen, wie es weiter oben in Fig. 41 mit abc und mnop angedeutet ist, noch besser[28]).

Wo die Geländeverhältnisse und Mittel es erlauben, verdienen die Durchlässe oder Abzugsdohlen, welche alle Tagwasser unter der Strassenbahn hindurchführen, bei richtigem Bau den Vorzug. Sie werden vom Fuhrwerk nicht empfunden, bleiben der Abnutzung und Beschädigung entzogen, lassen keine Eisplatten entstehen und fördern den Wasserablauf. Sie sind a) Röhren-, b) Deckel-, c) Gewölbdohlen.

Die einfachsten Röhrendohlen[29]) sind ausgebohrte entrindete mit Eisenreifen versehene Stammabschnitte, am besten von kienigem Kiefern- oder imprägniertem Tannen- oder Fichtenholz, besser, weil in grösserem Querschnitt herstellbar und dauerhafter, aus dicken eichenen Bohlen zusammengesetzte und an den vernuteten Fugen mit Leisten oder eisernen Bändern verschlossene und befestigte Kanäle, welche am Ein- und Auslass einen regelmässigen Abschluss durch ein kleines Backsteingemäuer mit überlegter Steinplatte erhalten (Fig. 47).

Fig. 47.

Hierher gehören auch die Tonnenbrücken, welche durch Ineinanderschieben von am einen Ende etwas verkürzter Teer- oder Erdölfässer hergestellt werden. Sie müssen ca. 1 m unter der Wegkrone liegen.

Die heutigen Fortschritte in der Zementfabrikation und die weite Verbreitung derselben lassen jedoch Zementröhren, weil viel dauerhafter, meistens vorziehen. Dieselben haben (Fig. 48) am einen Ende einen vorspringenden Hals ab, welcher in die Nute cd des nächsten Stückes eingepasst wird, worauf mit weicher Zementmasse (oder Wasserkalk) die Fuge verstrichen wird; ihr breiter starker Fuss ef gestattet ihre sichere Gefällverlegung. Die über die Dammböschung hervorragenden Randteile der Endstücke am Ein- und Auslass werden nach der Zusammenfügung des Dohlens in der Böschungsrichtung BR abgesägt. Die beliebig wählbare Lichtweite und Stärke lässt die Zementdohlen jedem örtlichen

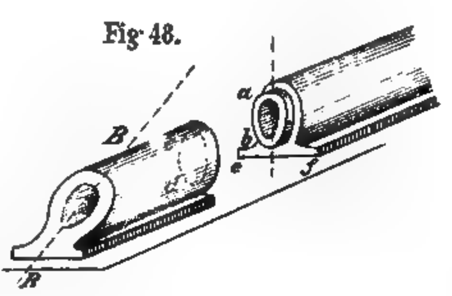


Fig. 48.

28) Näheres über Sickerungen und Steinpackungen siehe bei Henz (Plessner) a. a. O.
29) Einiges über Röhrendohlen siehe in M. Schr. f. F. u. J.W. v. 1863, S. 27.

Bedarf anpassen. Ihr leichter Bezug und mässiger Preis, ihre Haltbarkeit und leichte billige Verlegbarkeit lassen ihnen den Vorzug auch vielfach vor den Deckeldohlen geben [30]).

Der Dohlenbau (gemauerte Durchlässe mit Steinplatten-Deckung) setzt genügenden Höhenabstand zwischen der Wegkrone und der Sohle der Wasserrinnen voraus, um mit ausreichender Lichthöhe und -Weite einen Abzugskanal herzustellen, welcher

a. beiderseits von einer Widerlagermauer,

b. auf der Sohle von einer Pflasterung oder einem Plattenbeleg,

c. über den Widerlagern von aufgelegten Steinplatten (Deckeln) begrenzt ist und

d. über den Deckelplatten eine schützende Erddeckung (Ueberfahrt) von ca. 50 cm

haben muss.

Die Bau-Ausmasse richten sich in jedem Einzelfalle nach dem Abstande der Wegkrone über der Sohle des natürlichen oder künstlichen Wasserlaufs, der Kronenbreite, Bodenneigung und beiderseitigen Böschung sowie nach der grössten Menge des Wasserzuflusses. Die geringste Lichtweite (Abstand der Widerlager ab) — siehe Fig. 49a — und Lichthöhe (Widerlagerhöhe cg ohne Mauerfuss) sollte nicht unter 0,5 m sein die grösste Lichtweite nicht über 1 m (wegen der Tragkraft der Deckelplatten).

Die Kronenstärke der Widerlager, nach innen lotrecht, nach aussen stufenweise im Aufbau, ist mindestens zu 0,4 m, für Lichthöhen über 1 m bis zu 0,8 m zu bemessen, der Mauerfuss zu 0,3 bis 0,6 m Höhe und mindestens 0,6 m Stärke. Die Widerlager laufen am Ein- und Auslass in Flügelmauern aus, welche entweder im Profil der Dammböschung oder einer Stirnmauer (mpon) verlaufen — Fig. 49b. — Zwischen den Widerlagern wird die Sohle mit einem 0,10 bis 0,20 m starken Rollpflaster, zum Schutz gegen Unterspülung versehen, welches am Ein- und Auslass mit einer Holz- oder Steinschwelle abschliesst, oder die Sohle wird mit Steinplatten ausgelegt, welche in die beiden Widerlager greifen. Nur bei starkem Wasserzudrang wird zu diesen Bauten Mörtel verwendet.

Quer über die ausgeglichenen Widerlager greifen die Dohlen-Deckel, massive von Rissen freie Steinplatten; ihre Stärke muss mit zunehmender Lichtweite von 12 bis 30 cm steigen, ihre Länge muss ausreichen, um mindestens noch 20—25 cm der Widerlagerkrone zu decken. Ihre Stossfugen (st) sollen gut schliessen, in kleinen Lücken mit Steinsplittern und Mörtel, Lehm oder Moos ausgefüllt werden, damit von oben keine Erde durchrinnt. Als Ersatz der Steinplatten können Zementplatten, gegen Rost geschützte eiserne Platten oder imprägnierte Spunthölzer (Bohlen) dienen, namentlich wo bei beschränkter Raumhöhe der Dohlenabschluss die Wegfläche erreicht

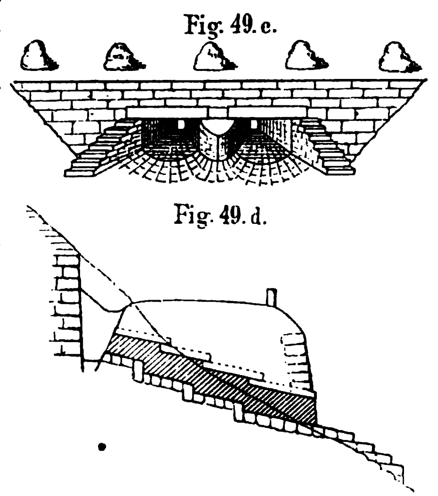
Fig. 49. c.

Jeder Dohlen muss genügenden Fall (3—7 %) haben, damit das Wasser weder etwas ablagert, noch den Bau angreift. Vor dem Einlass ist die Anlage eines „Einfalls" d. h. eines schachtartig bis zur Grabensohle aufgemauerten Kessels (Fig. 49 c) unterhalb

30) Ueber die Selbstanfertigung von Zementröhren für Dohlen siehe Z. f. F. u. J.W. v. 1881 S. 266.

des Auslasses Aufmauerung oder Auspflasterung der Wasserrinne so weit geboten, als der Bodenzustand künstliche Befestigung rätlich macht.

Erlaubt der starke Geländeabfall an der Baustelle kein mässiges Durchlass-Gefälle, so müssen zur vollen Sicherheit die Sohle, Widerlager und Dohlenplatten aufwärts in mehreren Stufen aufgebaut werden (Stufendohlen Fig. 49 d).



Ist zeitweise ein Wasserandrang zu befürchten, für welchen das grösstzulässige Durchlassprofil eines Deckeldohlens nicht ausreicht, die Oertlichkeit jedoch zu Durchlässen anderer Art zu beschränkt, die Weghöhe über der Sohle zu nieder, so ist die Anlage eines Doppeldohlens (gekuppelten Durchlasses) zu erwägen. Ein solcher besteht (Fig. 49 e) aus einem „Tragpfeiler“ von mindestens 0,6 m Stärke als Mittelwand, beiderseits lotrecht aufgemauert und zwei Widerlagern in gleichem Linienzug, von welchen die Deckelplatten auf den Pfeiler hinübergreifen. Er stellt also zwei parallel verlaufende Deckeldohlen dar, deren jeder jedoch mit stärkeren Ausmassen und einseitiger Flügelmauer hergestellt wird. Droht stärkerer Wasserangriff, so ist ein solcher Bau ganz in Wassermörtel zu setzen.

Nach Feststellung aller Ausmasse beginnt ein Dohlenbau mit der Aushebung der Baugrube. An beiden Enden der Baugrube errichtet man ein Lattengestell nach der Lichtweite und -Höhe des Dohlens und spannt dazwischen Schnüre, nach welchen die Fundamentierung und der Aufbau der Widerlager erfolgt.

§ 34. Gewölbdohlen. Muss eine Verkehrslinie einen Wasserlauf überschreiten, für welchen kein Doppeldohlen mehr genügt, so macht der grössere Aufwand der alsdann nötigen Ueberwölbung oder Ueberbrückung genauere Untersuchungen über die Erlangung der günstigsten Baubedingungen zur Pflicht. Wichtig ist die Ermittelung des Baugrundes, der Normalbreite des Wasserlaufs, seiner Mittellinie (Sohlenrinne) und der Baurichtung zu ihr (normal, schief oder im Bogen), der nötigen Lichthöhe und -Weite des Baues, des mittleren Wasser- und Strassengefälles, der Bauformen und Baustoffe, welche für die Oertlichkeit zur Wahl stehen und genügen.

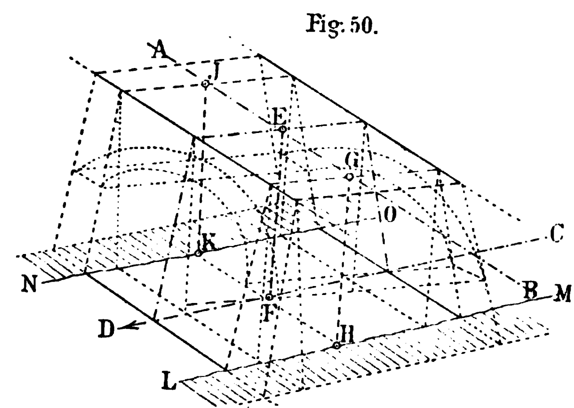
Der Baugrund muss so viel Trag- und Widerstandsfähigkeit zeigen, dass er dem Druck nicht nachgibt, welchen das Eigengewicht des Bauwerks und seine Belastung mit Fuhrwerken ausübt, und zugleich die Angriffe des Wassers und den Schub der Erdmassen auf und hinter den Bauteilen aushält. Am unzuverlässigsten, für Steinbauten oft ganz untauglich ist Moor und Sumpf, von den angeschwemmten Böden der Flugsand; Sand- und Kiesboden heischt künstliche Befestigung; bindige Böden bieten für kleinere Bauwerke noch einen sicheren Baugrund ohne besondere Vorkehr. Volle Sicherheit auch für grösseren Bau gewähren die steinigen Böden des Gebirges.

Will man einen Wasserlauf überwölben, so ist der Wegzug so einzurichten, dass die Mittellinie des Gewölbes möglich normal gegen den Wasserlauf steht, oder es ist der Wasserlauf zu regeln.

Ein gewölbter Durchlass setzt sich zusammen aus den beiden längs den Uferlinien hinziehenden Widerlagern, dem von ihnen getragenen Gewölbe, den

Flügelmauern (bezw. Strebpfeilern), Traggurten, Stirnmauern, der Gewölbsohle, -Eindeckung und Hintermauerung, sowie den Brüstungen oder Geländern beiderseits der Fahrbahn. Der Bauplan muss, massgeblich der Strassenaxe AB (Fig. 50), der Mittelrinne des Wasserlaufs CD und der Höhe GH und JK der Fahrbahn über den Uferlinien LM und NO die Ausmasse, Richtungen und Formen der einzelnen Bauteile feststellen. Zeichnungen stellen den Grundriss, die Aufrisse des Ein- und Auslaufs (Rücken- und Stirnseite), den Längs- und Querschnitt (Lotschnitte in der Richtung des Wasserlaufs und des Wegzugs) im Massstab von 1 : 50 bis höchstens 300 dar. Am wichtigsten sind die Widerlager mit dem Gewölbe, deren Höhe, Weite und Stärke nach dem Querprofil des Gewässers beim höchsten bekannten Wasserstande reichlich zu bemessen ist.

Fig. 50.



Die Licht- und Spannweite der Widerlager muss nämlich der zufliessenden Wassermenge auch beim höchsten Wasserstand ohne Stauung den Abfluss gestatten, ihre Stärke aber danach bemessen sein, dass sie das Gewölbe nebst der Belastung durch die Fuhrwerke tragen, dem Druck der Hinterfüllung und dem Angriff des Wassers widerstehen, also mit der Spannweite zunehmen, um durch ihre Standfestigkeit die Verbindung beider Ufer zu vermitteln. Bei gleichheitlicher Spannung und Lastenverteilung über dem Gewölbscheitel hat jedes Widerlager die halbe Belastung zu tragen und einen wagrechten Schub auszuhalten, welcher von der Spannungsrichtung abhängt. Der Gewölbebogen bildet eine Verbindung von senkrecht zur Bogenlinie (radial) gefügten Gesteinstücken, deren jedes, ohne wagrechte Unterlage, zur Erhaltung des Gleichgewichts eine solche Lage einnehmen muss, dass der Schub seines Eigengewichts und seiner Belastung vom nächsten und der summierte schiebende Druck mehrerer Gewölbsteine von jedem folgenden ertragen wird, ohne ihre Lage und ihren Zusammenhalt zu verändern. Eigengewicht und Belastung wirken als wagrechte und lotrechte Kraft und müssen sich als Mittelkraft in einer Richtung bewegen, welche innerhalb der Fugenfläche fällt und ebenso beiderseits von der Fugenfläche einer widerstandsfähigen Unterlage aufgenommen und ertragen wird. Die Verbindung der Schwerpunkte aller Gewölbsteine muss eine „Drucklinie" ergeben, welche innerhalb der Gewölbstirne fällt.

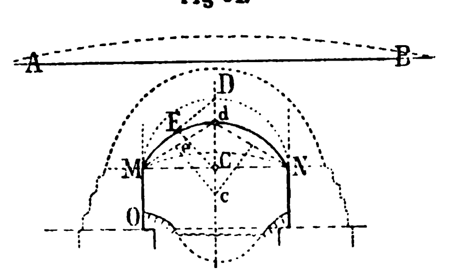
Die Gewölbsteine, jeder nach der Gewölbform (Fig. 51) auf den Radialschnitt beiderseits behauen, reihen sich von den Widerlagern aufwärts in durchlaufenden nSchichten an einander, bis im Gewölbscheitel als Schichte n + 1 die Schlusssteine die Reihen schliessen.

Bei richtiger Gewölbanordnung kann man auch kleine Gewölbe aus trockener Fügung der Steine (ohne Bindemittel) haltbar herstellen. Jedoch ist es meistens ratsam, die Sicherheit durch eine gute Mörtelverbindung zu erhöhen.

Die einfachste und sicherste Gewölbanordnung gewährt der Halbkreis (Kreisgewölbe), dessen Gewölbe- oder Pfeilhöhe p = Hälfte der Spannweite ($^1/_2$ s) und dessen Halbmesser (r) somit am kleinsten ist (= p). Diese Bauart erfordert jedoch die grösste Gewölbmasse, das höchste Lehrgerüste, die grösste Höhe der Bahn über der Bausohle (bringt also den Gewölbescheitel der Fahrbahn am nächsten) und verengt bei steigen-

dem Wasserstand die Durchflussweite. Bei beschränkter Bahnhöhe AB über dem Wasserspiegel (Fig. 51) ermässigt man daher den Pfeil CD z. B. auf Cd nach Annahme des Bogenursprungs MN (= s) mit der für den Durchfluss nötigen Höhe MO über der Sohle: Stichbogengewölbe (gedrückter Bogen). Die noch zulässige Grenze derartiger Verdrückung bei einfachen Bauten ist bei s = r (d. h. Sehne gleich der Seite eines eingeschriebenen Sechsecks).

Fig 51.



Ist s und p gegeben, so ergibt sich der Mittelpunkt des herzustellenden Kreisbogens graphisch durch Errichtung von Senkrechten auf der Mitte der Sehne Md und Nd oder durch Berechnung aus

$$r^2 = (r - p)^2 + (\tfrac{1}{2} s)^2 \text{ oder wenn Sehne Md} = a \text{ aus } a^2 : 2p.$$

Beim Bogen grösster Drückung (kleinste Gewölblinie) ist p = 0,134 s, beim vollen Halbkreis (grösste Gewölblinie) = 0,5 s. Das Mass der Verdrückung gibt die Gleichung v = p : s an.

Trocken gemauerte Gewölbe würden grösstmöglichen Pfeil, gleichmässige Zurichtung und Verkeilung der starken Gewölbsteine und gute Verbindung mit saubergefügten massiven Widerlagern bedingen.

Als Ansätze zur Ermittelung der Gewölbstärke können die folgenden dienen, worin s = Lichtweite, d = Scheitelstärke des Gewölbes, D = Gewölbstärke über dem Widerlager („Kämpfer"), δ = mittlere Gewölbstärke, a = Höhe der Aufschüttung über dem Gewölbe.

$$\text{I. } d = (0{,}035\, s + 0{,}33) \text{ Meter,}$$

$$\text{II. } \delta = (0{,}05\, s + 0{,}40)\ (1 + 0{,}04\, a) \text{ Meter,}$$

$$\text{III. } d = 0{,}85\, \delta \text{ und } D = 1{,}15\, \delta \text{ oder } 1{,}35\, d \text{ (bis nahezu 2d).}$$

Für Stichbogen

$$\text{IV. } \delta = \left(0{,}025 \frac{s^2}{p} + 0{,}40\right) m$$ [31].

Da die Gewölbstärke sich hauptsächlich nach der Lichtweite und die Stärke der Widerlager nach dem Druck des Gewölbes zu richten hat, so lässt sich auf analogem Wege auch eine Gleichung für die Stärke der Widerlager am oberen Ende (Kämpferstärke K) aufstellen und zwar

für Halbkreisgewölbe im Metermass

$$\text{V. } K = (0{,}03\, s + 0{,}65 + 0{,}07\, h)\ (1 + 0{,}06\, a),$$

für Stichbogengewölbe im Metermass

$$\text{VI. } K = \left(0{,}03 \frac{s^2}{p} + 0{,}65 + 0{,}07\, h\right).$$

Ist a < 2m, so kann dieser Faktor bei Formel II und V wegfallen.

Für grössere Gewölbbauten wird häufig bei schwacher Drückung K = 0,2 s und bei stärkerer = 0,25 bis 0,3 s als Näherungswert genommen.

Zur genügenden Stärke muss aber bei den Widerlagern auch die Anwendung starker dauerhafter Bausteine und guter Bindemittel, sorgsame Fügung und Schichtung und ausreichende Vorkehr gegen Unterwühlung und Ausspülung empfohlen werden.

Von Wichtigkeit sind ausserdem die Verstärkungen und sichernden Abschlüsse durch die Flügelmauern und (oder) Pfeiler.

---

31) Siehe Ed. Schmitt, „Der Erdkunstbau". I. Teil. Leipzig 1871 S. 58.

a. Bei kleinen Wasserläufen mit wenig Gefälle, Ueberfluss an Erde und Mangel an Bausteinen baut man „liegende Gewölbe“ d. h. lässt die Widerlager in Flügelmauern endigen, welche in die Dammböschung verlaufen, (umrahmt mit schmaler Stirnmauer). Fig. 52 a.

Fig. 52. a.

b. Bei der Ueberbauung enger Talschluchten mit grösserem Gefälle, leichter Beschaffung von Bausteinen baut man stehende Gewölbe, d. h. man lässt am Ein- und Auslass die Widerlager in Stirnmauern endigen, welche mit $^1/_5$ bis $^1/_6$ Anzug bis zur Strassenkante aufsteigen und beiderseits an die Talwände anschliessen. Fig 52 b.

Fig 52. b.

c. Soll die Standfestigkeit des Gewölbes noch verstärkt und gegen seine Hinterspülung Vorkehr getroffen werden, so lässt man die Widerlager in starke Flügelmauern auslaufen oder bringt vor denselben noch Strebpfeiler an.

Einen Abschluss und Schutz gegen oben bilden die Deck- und Traggurten, sauber geformte Stein- oder Zementplatten, 40—50 cm breit, 7—10 cm stark, welche über dem Gewölbe auf der Mauerstirne verlegt sind und dieselben um 5—10 cm überragen.

Hat das Bachbett keine von Natur feste Sohle, so wird entweder, wenn es breit, das Widerlager gegen die Ufer mit einem gepflasterten Vorland geschützt oder, wenn schmal, die ganze Gewölbsohle mit einem Rollpflaster versehen.

Weitere Sicherheitsregeln sind.

Das Gewölbe mit einer wasserdichten Lehm- oder Wassermörtelschichte einzudecken, die Widerlager bis gegen die halbe Gewölbhöhe zu hintermauern, jeden Wasserlauf von oben abzulenken.

Die Bauausführung beginnt mit der Errichtung der Widerlager und etwaigen Flügelmauern. Sind diese bis zum Gewölbanfang gediehen, so folgt das Aufschlagen des Lehrgerüstes (Einschalung), ein Gefüge aus Pfosten und darauf ruhenden Quer- und Längsbalken, welches zwischen und längs den Widerlagern auf der Bausohle steht (oder mit Verstrebungen und Klammern zwischen die Widerlager eingespannt hängt — stehendes, hängendes Gerüst) und die in der Bogenform des Gewölbes ausgeschnittenen Lehr- oder Rüstbögen in höchstens 1,5 m Abstand und darauf eine der Innenseite des Gewölbes entsprechende Bohlenverschalung trägt. Sodann wird das Gewölbe, aus den sorgfältig hergerichteten Steinen von beiden Seiten her gleichmässig emporgemauert und schliesslich genau im Scheitel die Schlusssteine eingetrieben, um die Verspannung des Gewölbes zu bewirken. Wenn gut eingepasst und festgefügt, so darf nach Wegnahme des Gerüstes (Entschalung, Ausrüstung) das Gewölbe sich höchstens um einige cm setzen, seitwärts aber nicht verschieben. Speisgewölbe bleiben zur Abtrocknung und Verhärtung der Bindemittel 2—3 Wochen über dem Gerüste stehen. Zeigt es sich nach der Ausschalung standfähig, so werden die Stossfugen des Gewölbinnern noch ausgekeilt und überarbeitet, die Eindeckung und Aufschüttung bis zur Fahrbahn und diese selbst durchgeführt.

§ 35. Holzbauten. Im Walde entspricht eine Ueberbauung von Gewässer mit einem reinen Holzbau oder ein hölzerner Oberbau auf gemauerten Widerlagern oft mehr als ein schwerer Steinbau. Die Gebälkverbindungen einer Holzbrücke stützen sich auf die natürliche Tragfähigkeit der Baumstämme, indem bei kleinen Brücken von einer Uferfeste zur anderen, bei grösseren mit Zwischenpfeilern (Jochen) Balken verlegt, mit dem Uferbau verbunden und mit Streben, Unterzügen, Klammern und Schraubwerk befestigt und verstärkt werden. — Die forstlichen Bauaufgaben können nur darin bestehen,

1) einfache Uferfesten aus gemauerten Widerlagern (Pfeilern) oder aus hölzernen Spundwänden (Uferjochen) aufzurichten,

2) darüber ein Brückengerüste zu verlegen, welches

3) die Brückenbahn und, wo nötig, ein beiderseitiges Brückengeländer trägt.

Bei den Wegen unterster Ordnung — „Fussstege" — ist Holzbau Regel.

Auf festem Boden sind Widerlagsmauern wie bei den Deckel- und Gewölbdohlen mit gutem Fundament anzulegen. Die Mauerhöhe bestimmt sich nach der Bahnhöhe über dem Ufer, die obere Länge aus der Kronenbreite der Strasse, die Stärke muss mit der Höhe, Lichtweite und dem Druck der Hinterfüllung zunehmen. Die Verbindung mit dem Brückengerüste vermitteln die Mauerlatten (wovon unten).

Die Uferwände aus Holz sind bei den einfachsten Bauten und Notbrücken ein Gefüge von aufrecht in den Boden gerammten Rundpfosten, in deren Längsnuten etwas schwächere Rundhölzer mit den zugerichteten Endkanten fachweise eingelegt werden, mit oberem Abschluss durch den wagrecht über die Köpfe der Pfosten streichenden und mit Holznägeln verzapften oder verschraubten Holm (Fig. 53). Den Fuss muss eine Abpflasterung oder grobe Steinschüttung schützen; mit kleineren Steinen oder Kies wird hinterfüllt. Dauerhafter werden die Uferjoche aus Eichenkern- oder imprägniertem Nadelholz hergestellt: Bohlwände von 7—10 cm Stärke mit Wechselstössen zwischen und hinter kantigen Eichenpfosten von 15—20 cm Beschlag, mit Verzapfung, Verschraubung und eventuell Verklammerung des Holms, die Flügelwände von der Hauptwand stumpf zum Ufer hinstreichend, hohe Jochpfähle (Pfosten) verankert, d. h. durch wagrechte Zangenhölzer mit schief eingerammten Ankerpfählen verschraubt.

Fig. 53.

Fig. 54.

Die einfachsten Brückengerüste sind die Stangen- (Trammen-)Brücken, mittelst welcher man kleinere Wasserrinnen (Gräben, Bäche) überbaut (Fig. 54):

Auf beiden Ufern werden 3 starke Pfosten eingerammt, welche eine Schwelle tragen, auf diese zwei oder drei 20—25 cm starke Streckbäume wagrecht verlegt und quer mit dicht gereihten etwa 15 cm starken oben und unten flach behauenen Stammtrummen eingedeckt und an beiden Enden mit einer aufgeschraubten gleichstarken Saumschwelle befestigt. An den eingerammten Pfosten bilden quer aufgeschraubte Bohlen (oder Stangen) den Abschluss gegen die

mit der Wegbahn zu verbindende Steinanschüttung. Ueberkiesung oder Ueberschotterung der Bahn. Ihre Haltbarkeit ist höchstens eine 12jährige. Die Spannweite sollte 3 m nicht überschreiten. Grössere Tragfestigkeit und Dauerhaftigkeit gewährt ein auf die Jochholme aufgeschraubtes Paar geschnittener Eichen- (oder Kiefern-) Krummhölzer [32]), welche, wie Fig. 55 andeutet, noch weiter mit hölzernem oder schmiedeisernem Gitterwerk verbunden und verstärkt werden und eine mit Saumschwellen niedergehaltene Bohlendeckung tragen. Die Sprengweite darf hier bis zu 5 m gehen.

Fig 55.

Zur vollen Tragfähigkeit für schwerere Stammholzfuhren dienen die **einfachen Balkenbrücken**. Sie bedürfen nur einer geringen Höhe über dem höchsten Wasserspiegel, einer noch mässigen Holzmenge, sind den Ausbesserungen stets zugänglich und mit wenig Mühe versetzbar.

Bei Uferfesten aus Spundwänden nimmt der Holm, bei gemauerten Pfeilern die **Mauerlatte**, ein kantiger Balken von Pfeilerlänge und 25—30 cm Stärke, auf der Mauer mit eisernen Dollen und Klammern befestigt, die **Streckbalken** (Dohlbäume) auf, an den Enden kantig beschlagene je nach der Holzart 30—45 cm starke Balken, gegen Durchbiegung höher als breit (im Verhältnis 7 zu 4—5); sie liegen in der Wegrichtung mit „Verkämmung“ auf den Mauerlatten, um 3/4—1 m über sie greifend, in der Auflage mit konservirenden Stoffen umfüttert, durch einen unter ihnen angelegten Sammelkanal gegen dauernde Nässe geschützt. Um die Tragkraft der Streckbalken, welche mit dem Eigengewicht der Brücke (dauernde Last) und jenem der beladenen Fuhrwerke (zufällige, bewegliche Last) beschwert werden, nicht zu überspannen, muss denselben ein entsprechender Gesamtquerschnitt (= Produkt der Balkenzahl und der Querfläche aus ihrer Rundstärke d) gegeben werden, gemäss der relativen (Durchbiegungs-) Festigkeit eines gleichmässig belasteten an den Enden fest aufliegenden Balkens für die Spannweite s.

Man soll aber eine Rundstärke d in cm nach der Spannweite erfahrungsmässig

		also z. B. für s = 6 m	= 8 m
bei Eichenholz	zu $(3{,}0\,s + 15)$ cm . . .	33	39 cm
„ Kiefernholz	„ $(3{,}5\,s + 16)$ „ . . .	37	44 „
„ Tannen- und Fichtenholz	„ $(3{,}6\,s + 18)$ „ . . .	39	46,5 „

und den Abstand der Balken von Mitte zu Mitte etwa so nehmen:

einspurige Bahn	4 Streckbalken	0,8 bis 1 m Abstand
zwei „ „	5 „	0,7 „ 1 „ „
desgl. mit Fussbahnen	7 „	0,65 „ 0,90 „ „

Für leichte Bauten jedenfalls schmale Fahrbahn für 1 Fuhrwerk, mit Ausweichplätzen vor den Brückenenden.

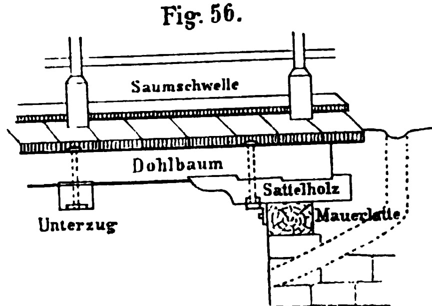
Bei grösserer Spannweite verstärken sog. **Sattelhölzer**, welche zwischen der Mauerlatte und den Streckbalken verlegt, bei 1/4 s ganzer Länge, jederseits um 0,75 m vorspringen (Fig. 56), die Sicherheit, bezw. gestatten schwächere Ausmasse der Streckbalken.

Grosse Verbiegungen und Schwankungen des Brückengerüsts, zu starkes und

32) Nach dem Erfinder Laves'sche Balken genannt.

ungleiches Weichen und Lockern der Verbindungen vermindern die Durch- oder Unterzüge, Balken von vierkantigem Beschlag, 18—24 cm stark, deren 1 bis 3 in der Länge der Brückendeckung unter den Streckbalken hindurchziehen, mit durchgreifendem Schraubwerk an die Streckbalken (nur an die äusseren oder an alle) befestigt. Ein einfacher Bretter- oder Bohlenbeleg bildet die Brückenbahn, beiderseits über die äusseren Streckbalken greifend, durch die Saumschwellen, zwei lange oben abgekantete Balkenstücke, niedergehalten, zuweilen noch mit einfachem hölzernem Geländer.

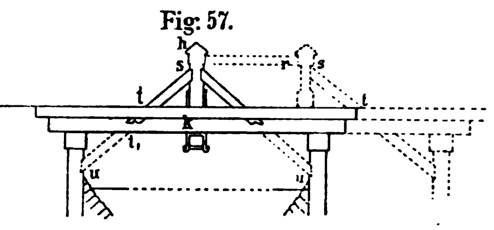
Fig. 56.



Bei grösserer Spannweite würde die Durchbiegung und Schwankung des Brückengerüstes zu gross oder die Verstärkung des Gebälkes den Bau zu sehr verteuern und schwerfällig machen. Es muss daher, wenn man die Errichtung eines Zwischenjoches zwischen den Uferpfeilern vermeiden will, eine Verstrebung der Streckbalken eintreten:

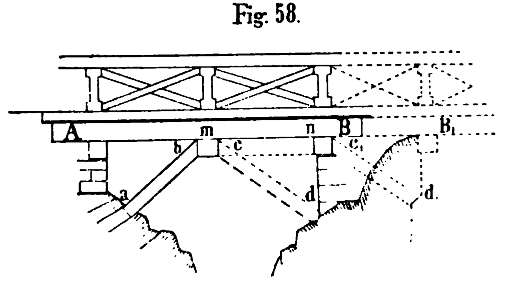
a. Lassen niedrige Ufer das Hochwasser nahe an das Brückengerüst heran, so geschieht die Verstrebung von oben durch ein sog. Hängwerk (Fig. 57). Auf die beiden äusseren Streckbalken wird je ein kantiges Balkenstück von gleicher Stärke und einer Länge von mindestens $^1/_5$ s, die Hängesäule hk, senkrecht eingelassen und durch die beiderseitigen Streben st mit ersteren in mindestens 22° Neigung verbunden. Dazu kommt ein Unterzug, welcher auch die inneren Streckbalken zu tragen hat und entweder nur mit den äusseren (mittelst des durchgreifenden „Hängeisens" oder beiderseits angeschraubter eiserner Zangen) oder auch mit den Zwischenbalken durch Schraubwerk verbunden ist[33]). Diese Bauart erlaubt Spundwände als Uferfesten und eine vierfache Belastung in Vergleich mit der einfachen Balkenbrücke.

Fig. 57.



Ueber 9 m Spannweite hinaus bedarf es zu hoher Säulen und zu starker Verstrebungen, also bei grösserem Eigengewicht eine schwerfällige Bauform, mehr und stärkeres Holzwerk und Eisen, festeren Unterbau. Besser werden daher etwa auf je $^1/_3$ der Spannweite zwei Säulen eingesetzt, mit einem wagrechten Spannriegel (rs) dazwischen und ein Strebbalken (st) jederseits, ebenso zwei Unterzüge zur Versteifung der inneren Streckbalken verwendet — oder man verlängert, wenn die Bahnhöhe über dem Hochwasserstand es erlaubt, die Verstrebungen bis zu den Uferfesten in u, bezw. bringt noch Strebhölzer t₁u zwischen den äusseren (oder allen) Streckbalken und den Uferfesten an, verbindet also das Hängwerk mit einem Sprengwerk.

Fig. 58.



b. Sind die Ufer hoch und fest (Felsen, Widerlagsmauern), so ist ein Spreng-

33) Frei ohne Schraubwerk durch den Unterzug getragene Zwischenbalken heissen „Losbalken".

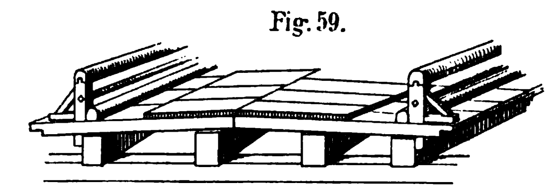
werk vorzuziehen, d. h. ein Bau, bei welchem das Brückengerüste AB (Fig. 58) durch die auf die Uferpfeiler gestützten Streben ab und cd getragen wird.

Auch hier genügt bei Spannweiten unter 10 m für das Befahren mit leichterem Fuhrwerk eine Verstrebung aller Streckbalken, in 1/4 oder 1/3 s (z. B. in m und n) oder in der Mitte der äusseren beiden, an einem Unterzug bc, welcher auch die Zwischenbalken stützt.

Bedarf es grösserer Verstärkung, bezw. ist die Spannweite grösser, so lässt man die Strebbalken (nicht unter 22—24° Neigung) gegen 2 Unterzüge (m und n) richten, welche unter sich durch einen zwischenliegenden Spannriegel getrennt entweder mit allen Streckbalken verschraubt sind oder die inneren als Losbalken tragen. Die Hirnflächen der Strebbalken pflegt man wegen der Stösse hart auffahrender schwerer Fuhrwerke mit Metallplatten zu verlegen. Die Strebbalken sollen in der Stärke den Streckbalken nahe kommen; nur bei mässiger Länge derselben sind die Sprengwerke zuverlässig.

Die Brückenbahn besteht bei schwächerem Verkehr aus 6—10 cm starken Bohlen aus Eichenkern- oder gutem Kiefernholz, lang genug, um das Brückengerüste um 0,3 bis 0,5 m über die Streckbalken hinaus zu decken oder um (in halber Länge) gegen die Bahnmitte in Wechselstössen verlegt und aufgenagelt zu werden. Starker Verkehr heischt 10—15 cm starke Bohlen und darüber, ihre Fugen und Stösse deckend, eine zweite Lage dünnerer Bohlen in Fahrbahnbreite (Spurbohlen).

Fig. 59.



Durch grössere Höhe der Mittelbalken (bezw. Aufnageln von Querleisten erzielt man einige Neigung der Brückenbahn nach beiden Seiten für den Wasserablauf.

Die Saumschwellen, zu 20—25 cm beschlagene oben abgekantete Hölzer, welche über den äusseren Streckbalken mit ihnen verschraubt auf der Brückendeckung laufen, halten letztere fest.

Für jede hölzerne Brücke ist sorgfältige Auswahl gesunden trockenen (seit Jahresfrist gefällten) Holzes, saubere pünktliche Fügung, dauerhafte Befestigung mit neuem rostfreiem Eisenwerk, weiterhin fleissige Nachschau und zeitiges Auswechseln schadhafter Teile streng geboten. Häufige Nachbesserung ist eine ihrer grössten Schattenseiten, darf aber nie verzögert werden.

* § 36. Brücken aus Stein und Eisen. Die eisernen T träger, welche im Hochbau verwendet werden, können auch zur Erstellung von Brücken mit bis ca. 10 m Spannweite dienen. Die Widerlager sind aus Stein zu errichten, über sie werden dann die Träger mit einem Abstand von 0,7—1,0 m so gelegt, dass sie beiderseits etwa 1/2 m (mindestens das 1 1/2fache ihrer Höhe) auflagern. Zur Befestigung benutzt man Schraubenbolzen die entweder in die Mauerlatte oder direkt in die Quadern — einkitten — eingelassen und durch Schraubenmuttern mit dem Trägerfusse fest verbunden werden. Der Brückenbelag kann gebildet werden durch: 1. Wellblech, 2. Zoreseisen, 3. Holzbohlen. Alle Eisenteile sind durch mehrmaligen Oelfarbenanstrich gegen Rost zu schützen. Besteht der Brückenbelag aus Eisen, so ist darüber eine Schotterdecke zu bringen.

§ 37. Sicherheitsanlagen. Alle ständigen grösseren Weganlagen, welche über Wasserläufe hinweg, an Gewässern, Abstürzen und steilen Hängen vorbeiführen oder hoch über dem Boden angelegt sind, müssen an ihrem Rande mit Schutzvorkehrungen versehen werden. Diese sind

1. künstliche Einfassungen aus Holz, Stein, Eisen und Verbindungen derselben; hölzerne Geländer aus Rundpfosten, zugespitzt, angekohlt und in heissen Holzteer getaucht oder imprägniert, mit eingezapftem oder aufgeschraubtem Geländerholm und in halber Höhe eingefügten oder aufgenagelten Riegelhölzern. Sie sind billig, aber nicht dauerhaft; schon besser behauene steinerne Pfosten, mit dem rohen Fuss (Bossen) eingemauert, mit eingefügten Riegelhölzern und aufgelegtem Holm.

Bei Holzbrücken werden die 20—25 cm starken brusthohen Geländerpfosten mit je 3—4 m Abstand, durch die Brückendeckung greifend, an den Streckbalken befestigt und durch Büge aufrecht und festgehalten; der Geländerholm, eingezapft und aufgeschraubt, 15—20 cm stark, verbindet die Pfosten wagrecht, die Riegelhölzer, 8—10 cm stark, rund oder vierkantig, laufen in halber Höhe durch die Pfosten.

Nach völliger Abtrocknung im Sommer dreimaliger Holzteer- oder Oelfarb-Anstrich.

Abweis- oder Prellsteine, rauh zugerichtete Felsstücke, innerhalb des Strassenrandes breitfüssig auf je 2—5 m Abstand eingesetzt und ummauert.

Brüstungen (an gefährlicheren Stellen) aus zusammengefügten Felsblöcken oder Trockenmauern, mit Wasserdurchlässen oder freien Zwischenräumen zur leichteren Abtrocknung der Fahrbahn.

Brustwehren auf Doppeldohlen oder gewölbten Durchlässen, in Zement gemauert oder besser massiv aus grösseren Felsblöcken gearbeitet, beiderseits aus einem Stück oder gutgefügt und durch eingebleite Eisenklammern verbunden, wenn lang, mit Wasserdurchlässen.

2. Natürliche Einfassungen. Lebendige Hecken (Zäune) schützen und befestigen nach wenigen Jahren offene sonnige Wegränder, sind billig, ausdauernd und genügen in vielen Fällen, sind aber pflege- und lichtbedürftig (Hainbuche, Weissdorn Hartriegel, Rainweide, Fichte, Taxus u. s. w.).

Als Schutzmittel der Waldbesucher baut man abseits der Wohnsitze an gutgelegenen (windstillen, trockenen) Plätzen nächst der Fahrwege (oder bei Quellen) Blockhütten zur Unterkunft oder zum Ausruhen, zum Einstellen von Pferden, zur Aufbewahrung von Geschirr. —

VI. Gestaltung der Wege nach örtlichen Verhältnissen.

§ 38. Innerhalb der Waldungen kann die Holzbeibringung an die Fahrwege und Lager- (Polter-) Plätze auf besonderen einfacheren Bahnen mit kleineren Fahrzeugen oder ohne solche, mit Zugtieren, von Hand oder mit mechanischen Kräften betrieben werden. Für derartige örtlich bedingte, manchmal längst eingelebte Bringungsweisen werden schmale Bahnen teils mit wenigen einfachen Mitteln zu zeitlichem Gebrauch hergestellt und nachher verlegt oder notdürftig unterhalten, teils Hauptlinien geräumiger und dauerhafter zu ständigem Betrieb hergerichtet. Mechanische Einrichtungen, welche in ähnlichem ausschliesslichem Selbstbetrieb mit eigenartigen Fahrbahnen und Fahrzeugen stehen, sind in neuerer Zeit hinzugekommen und erfordern eine eingehende Würdigung.

Es zählen hieher 1) die Schleif-, 2) die Schlitt-, 3) die Ries- und 4) die Schienenwege.

Diese Bringungsanstalten in eigenem Fahrbetrieb, gewöhnlich zugleich in engster Verbindung mit der Holzhauerei, fordern andere Gefällverhältnisse, Bau- und Benutzungsweisen als die gewöhnlichen Fahrwege und beanspruchen die wenigste Baufläche.

§ 39. Schleifwege. In steilere Quertäler hinauf oder mitten in grössere Holzschläge, wohin kein Fuhrwerk gelangen kann, lassen sich 2,5—3 m breite ein-

fache Wege mit 7—15% Gefälle führen, welche nach der Stockrodung und Verebnung einen groben Steinbeleg mit Uebererdung oder Ueberkiesung, offene Wasserabzüge aus Holz- oder Steinschwellen erhalten und der Bodenausformung in solchen Kurvenzügen folgen, dass auf denselben Stämme und Klötze an einem Vorderwagen hochgehängt und auf dem Lotbaum mit Zugtieren (am besten mit Ochsen) zu den Fahrwegen (bezw. den Polterplätzen) beigeschleift werden können. Für Winterbahn bedarf es nur einer leichten Schneedecke, für Sommerbahn bei schwachem Gefälle (7—10%) müssen Querhölzer — „Streichrippen" — von 20—30 cm starken Buchen- oder Nadelrundhölzern, für Kurzholz je auf 2—3, für Langholz auf 3—6 m Abstand eingelegt und bei grosser Trockenheit begossen oder eingefettet werden. Nasse Bodenstellen werden stärker übersteint oder wie die Schluchten und Gräben mit Rundholz überbaut, welches in der Wegrichtung der Länge nach eingelegt und beiderseits mit „Streckbäumen" so überhöht wird, dass die geschleiften Hölzer innerhalb der Bahn bleiben. Durchgängige Einfassung mit solchen Streck- oder Wegbäumen für Winterbahn und längs offenen Abhängen. Bahnerweiterung an der Einmündung in eine Fahrstrasse oder einen Lagerplatz (Wendplatz, Schwenke).

§ 40. Rieswege. Sollen Hölzer bergab durch selbsttätiges Fortgleiten am Boden mittelst des Eigengewichts zum Polterplatz (der Flossstätte) gefördert werden, so bedarf es ebenfalls kunstgerecht angelegter Wege, welche man „Riesen" nennt[34]). Sie sind entweder ständige Erdbahnen mit Holzverbauungen, auch mit Seitenmauern und Steindohlen: Erdriesen, Rieswege — oder unständige aus Stangen, Stammstücken, Dielen gefügte Hohlrinnen: Holzriesen.

Die Rieswege dienen vorzugsweise zur Förderung ganzer Nadelholzstämme, welche man durch Entasten und Entrinden zu glätten sucht, beginnen mit der Einkehr (Riesmund) in stärkstem Gefälle, ziehen sich als geebnete Gleitbahn von 1,5—2,5 m Breite in möglichst gestreckten Krümmungen und mässigen Gefällwechseln längs den Berghängen herab in das am Ablageplatz mit geringstem Gefälle verlaufende Riesende. Sie heischen einen erdigen, weder zu steinreichen, noch zu lockeren oder rutschigen (beweglichen) Boden mit Neigungsverhältnissen, welche der Bahn

für Winterförderung mindestens 8—10%
„ Sommer „ „ 15 „

Gefälle geben lassen.

Das Gefälle darf wechseln — die Bedingung, den langen Stämmen gestreckte Rieslinien zu bieten, ist auf gebuchtetem Gelände ohne Gefällwechsel unerfüllbar. Allzu rascher Lauf der Stämme lässt sich auf der Winterbahn durch Aufstreuen von Erde oder Reisig mässigen, zu schwacher Lauf durch Schneeaufschüttung oder Benetzung (Eisbahn), auf trockener Sommerbahn (geringes Gefälle, leichte Stämme) durch Eindecken mit grünem Tannenreis oder durch Querlagen von Holztrummen beheben. Vor jedesmaligem Gebrauch wird die ständige Riese beiderseits mit verkoppelten und durch Verpfählung gehaltenen Stämmen belegt, an Bogenlinien mit „Wehren" von zwei- und dreifachem Beleg. Wo ein Gegenzug nötig wird (Kehre), mässigt man das Gefälle, errichtet ein kurzes niederes Wehr, worauf die Stämme anlaufen, davor eine geneigte Ebene, über welche sie abrollen, um von da in entgegengesetzter Richtung auf der stärker abfallenden Bahn wieder fortzulaufen.

Je länger die Riesbahn ist und je stärkere und mehr Stämme von einem Holzschlag darauf zu fördern sind, desto geringer fallen die Förderkosten für den Stamm aus.

34) Ueber Riesweg-Anlagen sehe man: Verh. d. bad. F. Vereins v. 1858 Beil. I. S. 139; Z.Bl. f. d. g. F.W. v. 1875 S. 293 u. S. 584; G. R. Förster, D. forstl. Transp.W. Wien 1885 S. 24 u. ff.

Auf ständigen Riesen beschränken sich die Holzverbauungen auf die Wehre und die Auspritschungen von Gräben und Mulden.

Die unständigen oder Holzriesen sind in ganzer Länge aus Holz gebaut. Rinnen und zwar

die Brennholzriesen aus geringen Dielen oder Stangen zusammengefügte, in ausgeschnittene Holzscheite eingepasste, ineinandergeschobene Gefache,

die Stamm-, Klotz- und Stangenholzriesen aus stärkeren oder schwächeren Rundhölzern beiläufig im Halbkreis gefügte Rinnen, welche je nach der Bodengestaltung und dem Riesgefälle bald auf dem Boden auflagern, bald auf Holzunterlagen (Jochen und Verstrebungen) hinlaufen. Sie sind Trocken- oder Nass-, bezw. Schnee- oder Eisriesen, letztere mit dem geringsten Gefälle.

§ 41. Die Schlittwege. Um das Kleinholz auf leicht gebauten Schlitten durch die Arbeiter selbst aus den Holzschlägen auf die Verladplätze oder an die Flossbäche zu bringen, legt man einfache Erdbahnen von etwas über Schlittenbreite, 1$^1/_3$ bis 2 m, als Schlitt- oder Ziehwege mit solchem gleichförmigem Gefälle (nicht unter 7, höchstens 25 %) an, dass der Schlitten mit arbeitlohnender Ladmenge ohne Anstrengung im Ziehen oder Hemmen und möglichst gefahrlos im raschen Schritte bergab geführt und leer bergauf getragen werden kann.

Von einem Lagerplatz, wo das Holz in Raubeugen geschichtet liegt, läuft der Schlittweg aus dem Schlaginneren ohne schroffe Wendungen der nächsten Talsohle und auf dieser der Abziehstelle an einem Fahrweg oder Lagerplatz zu. Rieswege können dazu mitbenutzt oder doch streckenweise darauf eingerichtet werden. Wie diese ist der Ziehweg entweder für die Winterbahn mit 7—14 % Gefälle gebaut und eingestängt (mit Wegstangen eingefasst) oder für die Sommerbahn auf offenem Boden mit 20—25% angelegt, unter 20% mit Nadelreisig belegt, unter 15% mit eingelegten Quer- oder Streichrippen von Buchenscheitern ausgerüstet, welche von Zeit zu Zeit eingefettet werden (Schmierwege). Nasse Orte und Einsenkungen werden mit einem Leitersteg überbrückt, welcher beiderseits auf einer hölzernen Spundwand ruht und bei grösserer Länge mit einem oder mehreren Holzjochen (Archen) gestützt ist; schmale Wasserläufe werden überdohlt. Die Schlittwege lassen sich auch zum Fördern von Sägklötzen (Blochen) und von Stangenholz auf stärker gebauten Ziehschlitten einrichten[35]).

*§ 42. Die Waldeisenbahnen. Die Erschliessung der Waldungen durch ein System von Holzabfuhr-Schleif-Schlittwegen etc. ermöglicht den Transport nach den verschiedensten Richtungen, sie enthebt den Waldeigentümer der Sorge für die Abfuhr, diese bleibt den Käufern überlassen und gibt so einer Reihe von Leuten die Gelegenheit in selbständiger Stellung als Fuhrunternehmer ihren Lebensunterhalt zu erwerben oder die für ihren sonstigen Betrieb — Landwirtschaft, Sägerei-Baugewerbe — erforderlichen Zugtiere in den durch die Eigenart ihres Berufes bedingten Zeiten der Arbeitslosigkeit gewinnbringend zu beschäftigen; sie ist schliesslich auch für den kleinen und zersplitterten Besitz anwendbar, wenn auch relativ teuerer als beim Grossbesitze. Sie beansprucht aber eine erhebliche Bodenfläche, die der Holzzucht dauernd entzogen wird — wofür allerdings an den Randstämmen ein erhöhter Zuwachs eintritt —, sowie ein oft recht ansehnliches Baukapital. Der Transport vollzieht sich auf den Wegen nur langsam und wird auf weitere Entfernungen hin kostspielig. Indem der Waldeigentümer bei diesem Systeme i. d. R. darauf verzichtet, an der Abfuhr

35) Derartige Schlittweg-Anlagen bestehen in den Vogesenwaldungen seit langer Zeit. Näheres über Schlittwege bei Jägerschmid a. a. O., I. B. S. 282, forstl. Mitt. des k. bayr. Min. f. B. III. B. 1. H. Verhandl. d. bad. F.V. 1879 S. 29.

teilzunehmen, diese zu organisieren oder doch zu regeln, erleichtert er unter Umständen den ortsansässigen Holzhändlern die Ringbildung, er erschwert auswärtigen Käufern den Wettbewerb, da sie auf das in der Gegend vorhandene Mietsfuhrwerk angewiesen sind.

Dagegen bietet der Bau von Waldeisenbahnen — zumal wenn sie aus wenigen festen Haupt- und mehreren verlegbaren Seitenlinien bestehen — den Vorteil, dass nur eine schmale Fahrbahn erforderlich ist, so dass abgesehen vom Durchforstungsmaterial kein erheblicher Ertragsausfall eintritt, er ermöglicht eine rasche Erschliessung grösserer Waldungen, vielfach eine leichtere Ueberwindung von Geländeschwierigkeiten, einheitliche Organisation der Abfuhr durch den Waldeigentümer oder einen Unternehmer — rascheren und auf grosse Entfernungen billigeren, für den Wald wie das gefällte Holz schonlicheren Transport. Aber er verlangt ein grosses sofort aufzubringendes Anlage- und Betriebskapital, weiter beim Maschinenbetrieb die Anstellung eines besonders geschulten Personales, bei der Verwendung tierischer Zugkräfte die Anschaffung oder Miete dieser und die Sorge für ihre Unterbringung und Erhaltung. Wenn nur kleine Holzmengen zu transportieren, nur kurze Entfernungen zu überwinden sind, wird der Transport auf der Waldeisenbahn zu teuer, wenn der Absatz nach vielen Richtungen geht, zu umständlich.

In *bisher unerschlossenen* Waldungen wird sich die Anlage von Waldeisenbahnen demnach empfehlen, wenn der Verkehr nur nach einer oder zwei Richtungen geht und grössere Holzmassen auf längere Strecken zu transportieren sind. Interessante Untersuchungen darüber, wann der Waldeisenbahnbetrieb lohnend sei, hat Dotzel angestellt[36]) und ist dabei zu dem Schlusse gekommen, dass:

in der Ebene . . die Eisenbahn mit Pferdebetrieb von 1000 fm und 5 km an
für die Aufwärtsfahrt „ „ „ „ „ 1000 „ „ 1 „ „
„ „ Talfahrt „ „ „ „ „ 1000 „ „ 11—20 „

dem Transport auf der Steinbahn überlegen sei. Der Pferdebetrieb der Eisenbahn ist der Verwendung von Dampfmaschinen bei der Horizontal- und Talfahrt bis zu Massen von 10000 fm, bei der Bergfahrt bis zu 3000 fm vorzuziehen.

In Gegenden, in denen ein gutes hartes Gestein den Bau und die Unterhaltung von Waldwegen gestattet, auf denen in einer Ladung 18—20 fm befördert werden können, stellt sich der Transport anf Steinbahnen auch bei grösseren Mengen und auf längern Strecken günstiger als unter den von Dotzel seinen Berechnungen zu Grunde gelegten Verhältnissen, immerhin wird auch hier in vielen Fällen die Waldeisenbahn vorzuziehen sein.

In Waldungen, die in der Hauptsache *bereits durch ein Wegnetz erschlossen* sind, wird für die noch fehlenden Strecken der Bau von Wegen mit Steinbahn und überhaupt die Beibehaltung des Fuhrwerktransportes ratsam sein, zumal wenn Fuhrwerke in der Gegend nach Bedarf zur Verfügung stehen. Fehlen diese oder verursacht die Beschaffung eines für die Erhaltung einer guten Fahrbahn erforderlichen Schottermaterials grosse Schwierigkeiten und Kosten, so kann es vorteilhaft sein, auf die Hauptlinien feste Gleise zu legen, die Nebenwege aber eingehen und an ihre Stelle fliegende Geleise treten zu lassen. Dient der Erwachs eines Waldes nur zur Befriedigung der Bevölkerung der nächsten Orte, und ist diese gewöhnt die Abfuhr selbst zu besorgen, so wird sich die Anlage einer Waldbahn schwerlich lohnen, denn da die Abfuhr dann in den arbeitsfreien Zeiten des Winters erfolgt, pflegen die Käufer sie nur sehr niedrig anzuschlagen. Die Anschaffung von einigen Hundert Metern verlegbarer Gleise und einiger Wagen für die Schlagräumung empfiehlt sich übrigens

---

36) Forstwissenschaftliches Zentralblatt 1900 pag. 339 ff.

in vielen Fällen — Mittelwaldungen in der Ebene, bindungslose Sandböden — in denen der Anlage einer Waldbahn nicht das Wort geredet werden kann.

*§ 43. Der Unterbau. Wir unterscheiden ständige Gleise, welche lange Zeit hindurch befahren werden sollen, und fliegende Gleise, die immer erst im Bedarfsfalle gebaut und, sowie sie ausgedient haben, wieder abgebrochen werden. Für die Anlage und Verteilung der ersteren gelten die gleichen Grundsätze wie für die Holzabfuhrwege, sie folgen den Tälern und steigen an den Bergwänden soweit hinauf, dass die Förderungsweiten vom Kamm bis an die Bahnlinien nicht mehr zu gross sind. In den Waldungen der Ebene werden die Hauptgestelle mit Stammgleisen versehen. Die Stammgleise vereinigen sich zu Hauptgleisen, welche zu den Verladungsstellen, Lagerplätzen etc. führen. In manchen Fällen genügt es, solche festen Gleise zu schaffen und die Anrückung des Holzes an diese durch Schleifen, Seilen etc. zu bewirken, im Gebirge mit steilen Wänden sie mit einem Systeme von Ries- und Schlittwegen zu kombinieren, meist aber wird es sich empfehlen, sie durch fliegende Gleise, welche in die einzelnen Hiebsorte hinein, ja bis zu jedem einzelnen Stamme geführt werden können, zu ergänzen, zumal dann ihre Zahl geringer sein kann.

Der Zug der Stammgleise muss möglichst gestreckt sein, enge Kurven sind zu vermeiden, weil in ihnen die Räder schleifen, da der Weg ungleich lang ist, den jedes zurückzulegen hat, und weil die Flansche des äusseren Rades an die Schiene angepresst wird. Beide Umstände erschweren die Fahrt und vermindern die Betriebssicherheit. Doch sind für Langholz Radien von 20 m, für Sägklötze, Brennholz solche von 5 m zulässig. Das Gefälle darf bis zu 8% steigen, schroffe Uebergänge sind zu vermeiden, Gegengefälle und grössere horizontale Strecken mit Ausnahme der Endstation dann ausgeschlossen, wenn die Talfahrt durch das eigene Gewicht der beladenen Wagen erfolgen soll. Der Bahnkörper selbst wird wie ein einfacher Erdweg mit höchstens 2,5 m Breite hergestellt und erhält oben eine dünne Decke von Schotter, Kies oder Sand, in welche dann die Schwellen eingebettet werden.

Für die fliegenden Gleise bedarf es keinen eigentlichen Unterbaues, es genügt Bodenerhebungen zu beseitigen, Schwellen und Schienen soweit zu unterstopfen, dass sie nicht auf grössere Längen hohl liegen.

*§ 44. Der Oberbau[37]). a) Die Schienen. Die bei den ältesten Waldeisenbahnen verwendeten Holzschienen mit oder ohne Eisenbelag sind wegen ihrer geringen Dauer heute wohl überall aufgegeben; man verwendet nur noch Stahlschienen, und zwar am besten aus Bessemer Gussstahl, denn an ihre Festigkeit und Elastizität werden — besonders in fliegenden Gleisen — hohe Anforderungen gestellt.

Handelt es sich um grössere Ausführungen, so sollte eine eingehende Untersuchung des Schienenmateriales vor der Abnahme vorgenommen werden. Soweit das liefernde Werk nicht selbst die erforderlichen Einrichtungen hat, muss man sich an eine der staatlichen Untersuchungsanstalten wenden. Bei Zerreissproben werden verlangt als absolute Festigkeit 50 kg pro qmm und 20 % kleinste Kontraktion. Die Schlagprobe erfolgt bei einem m freilagernder Länge mit einem 200 kg schweren Hammer, der eine Fallhöhe von 1—2 m hat. In der Biegeprobe wird die Schiene so belastet, dass sie sich um 50 mm durchbiegt. Nach beiden Versuchen darf sie keine Risse, Sprünge oder sonstigen Schäden aufweisen.

Fig. 60.

Von den vielen heute üblichen Schienenformen seien genannt:

Die Vignolschiene (Fig. 60 a) mit breitem Fuss (g . h) schmalem, senkrechtem Stege

37) Eine vortreffliche Darstellung der einschlägigen Verhältnisse gibt: Dietrich: Oberbau und Betriebsmittel der Schmalspurbahnen etc. Berlin 1889.

(ef) und abgerundetem Kopfe (cd), die ja auch bei den Grossbahnen meist angewendet wird. Die Haarmann'sche verbesserte Vignolschiene des Georg-Marien-Bergwerk- und Hüttenvereines unterscheidet sich von ihr, wie Figur 60b zeigt, dadurch, dass der Steg etwas nach innen geneigt und der Fuss auf der Aussenseite verbreitert ist. Es soll so eine grössere Widerstandsfähigkeit gegen den von den Rädern ausgeübten Seitenschub erzielt werden. Doch ist das Legen umständlicher, da Innen- und Aussenseite der Schiene nicht verwechselt werden dürfen, und bei ihrer Anwendung der Gebrauch doppelflanschiger Räder ausgeschlossen, weil sonst ein Umkippen nach innen zu befürchten wäre.

Die Brückenschienen mit einem Querschnitte, der etwa ein umgekehrtes V darstellt, haben sich nicht bewährt, vielmehr eine geringe Widerstandskraft gegen das Durchbiegen des Fusses gezeigt.

Stuhlschienen, deren Kopf und Fuss gleichgestaltet sind, und die in einem besonderen „Stuhle“ auf der Schwelle festgemacht werden, empfiehlt Dietrich auch für Kleinbahnen, weil bei Beschädigungen des Kopfes die Schiene umgekehrt und nochmals benutzt werden kann.

Die Ausmasse und das Gewicht der Schienen haben sich nach folgenden Gesichtspunkten zu richten: Lange, schwere Schienen gewährleisten ruhige und sichere Fahrt, vermindern die Materialabnutzung und sind daher für die Stammgleise zu bevorzugen. Bei den oft zu verlegenden fliegenden Gleisen wird ihr hohes Gewicht hinderlich, und man wählt lieber 2 bis höchstens 5 m lange Schienen, so dass ein Joch — 2 Schienen nebst den verbindenden Querschwellen — von 1 oder 2 Arbeitern getragen und verlegt werden kann. Die meist verwendeten Vignolschienen haben folgende Ausmasse:

Gesamthöhe 45—77 mm, Kopfbreite 20—25 mm, Stegbreite 5—6 mm, Fussbreite 50 mm, sie haben dabei ein Gewicht von 4—10 kg pro l. m.

Die Tragfähigkeit der Schienen wächst mit ihrem Gewichte und mit sinkendem Schwellenabstand, wie folgende von Runnebaum ermittelten Zahlen zeigen.

Gewicht der Schiene pro l. m.	Schwellenabstand 1 m	1,5 m	2,0 m
	Tragfähigkeit		
6 kg	2200 kg	1200 kg	750 kg
7 kg	2600 kg	1400 kg	1000 kg

b) Die Schwellen. Längsschwellen haben sich bei Waldbahnen nur dort bewährt, wo sie in eine harte Steinbahn eingebettet werden konnten, oder wo es sich um Ueberschreitung tiefer schmaler Einschnitte handelte. Zudem haben sie den Nachteil, dass das Wasser zwischen den Gleisen festgehalten wird. In der Regel verwendet man heute Querschwellen. Hinsichtlich des Materiales besteht ebenso wie bei den Grossbahnen noch der Streit darüber, ob die imprägnierte Holzschwelle oder die Eisenschwelle vorzuziehen sei. Für die erstere spricht, dass das Material im Walde leicht und billig gewonnen und mit einfachen Verfahren imprägniert werden kann, sowie dass unbrauchbare Schwellen rasch und leicht zu ersetzen sind. Aber die Holzschwelle hat doch eine geringere Dauer als die Eisenschwelle — Beschädigungen beim Befestigen der Schienen, beim Unterstopfen des Schotters — alte Schwellen sind ziemlich wertlos, während die im Ankauf teure Eisenschwelle nach längerer Dauer immer noch zu 10—20% des Erwerbspreises verkäuflich ist. Dafür biegt diese sich aber bei nicht ganz guter Unterlagerung leicht durch, die Befestigung der Schienen löst sich leichter, bedarf also sorgfältigerer Revisionen und die Schwelle friert im Winter leicht am Boden fest, so dass ihre Verlegung dann oft grosse Mühe verursacht. Für die festen Gleise, wo die Schwelle in lockerer Kiesschüttung eingebettet ist, so dass sie

nicht viel von der Bodennässe zu leiden hat, wird man im Walde wohl die Holzschwelle bevorzugen, für die fliegenden aber, wo die Einbettung fehlt, die Feuchtigkeit leicht hinzukann und rasch wechselt, bei denen ferner zahlreiche Verlegungen häufige Beschädigungen unvermeidbar machen, gebührt der Eisenschwelle der Vorrang, zumal sie so konstruiert werden kann, dass sie leichter als jene ist. Gegen das Durchbiegen muss durch Unterstopfen mit Schotter, Erde etc. gesorgt werden.

Die Schwellenlänge soll etwa das $1^1/_2$fache der Spurweite betragen, also meist rund 1 m, Holzschwellen erhalten eine Breite von 150—200 mm, eine Höhe von 100 bis 150 mm und meist einen rechteckigen Querschnitt, doch kommen auch Halbrundlinge zur Verwendung. Bei den Eisenschwellen sind eine ganze Anzahl von Profilen in Anwendung, am meisten wohl die Trogform. Die Breite beträgt 105—175 mm, das Gewicht pro l. m 3,5—9 kg.

c) Verbindung der Schienen mit den Schwellen. Spurweite. Zur Herstellung eines Gleises müssen zwei Schienenstränge in genau paralleler Richtung auf dem Bahnkörper befestigt und in dieser Lage dauernd festgehalten werden. Dies wird i. d. R. bewirkt durch Befestigung der Schienen auf den Schwellen. Den Abstand der Schienen nennt man die Spurweite. Grosse Spurweite sichert besser gegen das Umkippen der Wagen als kleine, sie vermehrt aber Reibung und Abnutzung, macht eine grössere Bahnbreite, schwerere Joche und Fahrzeuge erforderlich und erhöht so die Anlage- und Unterhaltungskosten. Da sie weiter dazu zwingt, in Kurven einen grösseren Radius zu wählen, wird heute für Waldbahnen ziemlich allgemein die Spurweite von 600 mm als normal betrachtet.

Die Befestigung der Schienen an den Schwellen kann in mannigfacher Weise bewirkt werden. — Für Holzschwellen kommen in Betracht Hackennägel oder besser Hackenschrauben, welche den Fuss der Schiene an die Schwelle anpressen. Empfehlenswert ist die Befestigung mit Schraubenbolzen, welche durch die Schwelle hindurchgreifen, einem dem Schienenfuss genau angepassten Klemmplättchen und Schraubenmuttern (Fig. 61). Der Kopf des Bolzens kann in die Schwelle versenkt werden, damit diese nicht hohl, sondern auf der ganzen Basis aufliegt; die Schraubenmutter ist so fest anzuziehen, dass das Klemmplättchen nicht nur dem Schienenfusse satt anliegt, sondern mit seinem andern Ende in das Holz der Schwelle oberflächlich eingepresst wird.

Fig. 61.

Auch bei den Stahlschwellen können Schraubenbolzen mit Klemmplättchen und Hackenschrauben benutzt werden. Ferner sind üblich Klammern, die in einfachster Weise direkt als Zungen aus der Schwelle herausgestanzt werden, und dann den Schienenfuss umfassen, desgleichen Ausschnitte in der Schwelle, welche auf der einen Seite dem Schienenfusse genau angepasst, auf der andern weiter geöffnet sind und hier einen zungenförmigen Vorsprung haben. Die Schiene wird seitlich in den Ausschnitt hereingeschoben und die Befestigung durch Niederhauen jenes Vorsprunges bewirkt. Für die Stuhlschienen sind besondere Stühle erforderlich, die in etwas abgeänderter Konstruktion auch für Vignolschienen verwendet werden können. Die beste Art der Verbindung dürfte jene mit Schraubenbolzen und Klemmplättchen sein, gar nicht bewährt hat sich das Aufnieten der Schienen.

Der Abstand der Schwellen richtet sich nach dem Gewicht der Schienen, je

grösser dieses um so weiter darf jener sein. Doch geht man bei Stammgleisen nicht gern über 1 m, im fliegenden über 0,7 m hinaus. Die Joche der fliegenden Gleise haben bei 2 m Länge meist 3 Schwellen, die früheren Versuche an Stelle einer der Schwellen eine ca. 20 mm starke Spurstange zu setzen, haben keine guten Ergebnisse gehabt. Durchbiegen! (Ueber die neueren Verfahren von Spalding und Bierau siehe unten § 45.)

d) Legen der Gleise. Stossverbindung. Die Stammgleise werden i. d. R. aus einzelnen Schienen nicht aus fertigen Jochen erstellt, obwohl auch das letztere Verfahren möglich ist. Zunächst werden auf dem Planum für eine Länge von mehreren Schienen, die Schwellen eingebettet, dann auf diesen die Schienen des einen Stranges befestigt und soweit noch nötig durch Verschiebung der Schwellen in die richtige Lage gebracht. Darauf wird der zweite Strang im Abstand der Spurweite genau parallel zum ersten festgemacht. Die Verbindung der Schienen in der Längsrichtung geschieht durch Laschen. Die einfachen Laschen sind flache Eisenstücke von der Höhe des Schienensteges, welche vier Löcher haben, denen je 2 Durchbohrungen des Steges an den Enden der Schiene entsprechen. Grösseren Halt gewähren die Winkellaschen, welche auch noch um den Fuss der Schiene herumgreifen, so dass dieser in ihnen steht. Die Laschen werden an den Schienenenden beiderseits angelegt, Schraubenbolzen von aussen hindurchgesteckt und innen die Muttern aufgesetzt und angezogen. (Diese Anordnung hat den Vorteil, dass man bei Revisionen zwischen den Schienen gehend das Sitzen der Muttern an beiden Gleissträngen gleichzeitig beurteilen kann.)

Treffen sich die Schienenenden über einer Schwelle, so haben wir einen ruhenden Stoss, die Verbindung ist eine sehr gesicherte, aber sie hat eine geringe Elastizität, der Uebergang eines Wagens erfolgt jeweils mit einem harten Ruck, der zur schnelleren Abnutzung des liegenden wie rollenden Materiales führt. Für feste Gleise bevorzugt man daher den schwebenden Stoss, bei dem die Vereinigung der Schienenenden zwischen zwei Schwellen liegt, so dass das Verbindungsstück sich unter dem Druck der Last als Ganzes biegen und so einen glatteren Uebergang ermöglichen kann. Bei dem Legen fester Gleise ist ferner zu beachten:

1. Die Ausdehnung der Schienen bei steigender Temperatur verbietet meist, die Schienen satt aneinanderstossen zu lassen, man gibt ihnen einen Abstand von $^1/_2$—1 cm. Die Löcher der Laschen und Stege sind aus diesem Grunde nicht kreisförmig, sondern oval. Ganz in den Strassenkörper eingebettete Schienen dürfen jedoch zusammenstossen, ja sogar zusammengeschweisst sein.

2. Die einflanschigen Räder üben auf die Schienen einen Horizontalschub nach aussen diesem kann begegnet werden, indem man den Schienen eine kleine Neigung nach innen gibt.

3. Da dieser Schub in Kurven in erhöhtem Grade auftritt, empfiehlt es sich in diesen eine kleine Erweiterung der Spur eintreten zu lassen, die berechnet werden kann nach der Formel.

$$E \text{ (Erweiterung)} = \frac{1000 - r}{1000} \,.\, 0{,}026 \,.\, (r = \text{Radius.})$$

4. Um die Zentrifugalkraft zu vermindern, legt man in Kurven die Aussenschienen höher als die inneren. Der Betrag (x) der Ueberhöhung wird gefunden aus $x = \frac{w \,.\, v^2}{g \,.\, r}$ (w = Spurweite, v Geschwindigkeit in Metern pro Sekunde, r = Radius, g Beschleunigung durch die Zentrifugalkraft.)

Für die Kurven werden die Schienen entweder an Ort und Stelle gebogen oder schon für den gewählten Radius gebogen aus der Fabrik bezogen. Man kann aber auch kurze Trapezjoche verwenden, und mit ihnen Polygone erstellen, deren Durch-

fahrung gut möglich ist, wenn sie sich auch nicht so ruhig vollzieht wie auf regelrecht gebogenen langen Schienen.

Bei den fliegenden Gleisen wird der ruhende Stoss bevorzugt, weil er der an und für sich weniger soliden Verbindung einen grösseren Halt zu verleihen vermag. Denn hier muss Gewicht darauf gelegt werden, dass die Verbindung und die Trennung der einzelnen Joche möglichst wenig Zeit beanspruche. Zur Erreichung dieses Zieles sind viele Formen ersonnen worden, empfehlenswert sind die Schuhverbindung (Fig. 62a—c), die Einschnittsform (62c), die Verbindung mit Hackenlaschen von Krupp. Sind die Ver-

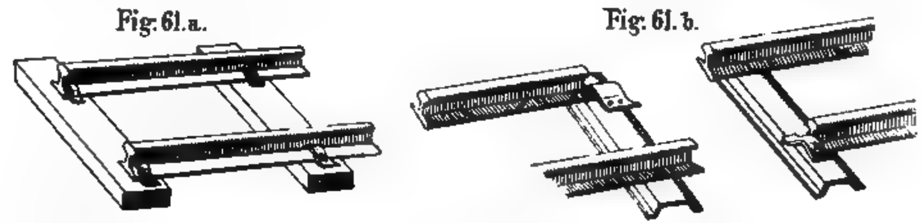


Fig. 61. a. Fig. 61. b.

bindungsstücke (Schuh, Hacken etc.) bei beiden Schienen eines Joches an dem gleichen Ende angebracht, so haben wir die parallele (Fig. 61a), andernfalls die diagonale Armierung (Fig. 61b). Diese vereinfacht das Legen, weil das Joch in jeder Richtung angesetzt werden kann, während es bei jener vielfach erst gedreht werden muss.

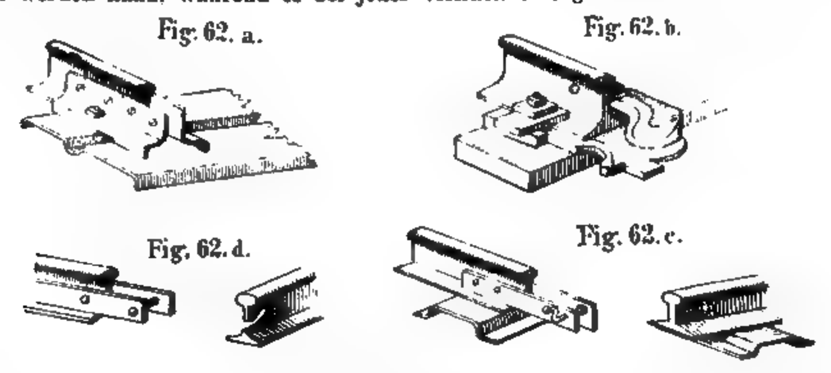


Fig. 62. a. Fig. 62. b. Fig. 62. d. Fig. 62. c.

Bei der Bildung der Gleise aus Jochen wird Wert gelegt auf die Erzielung des versetzten Stosses, bei dem die Schienenenden in dem einen Strange gegenüber denen im andern verschoben sind, so dass, während das eine Rad einer Axe den Stoss passiert, das andere noch von einer ganzen Schiene getragen wird. Der Stoss wird dadurch abgeschwächt und die Abnutzung verringert

Bei Gleisen, die aus einzelnen Schienen gebaut werden, ergibt sich ein solcher Unterschied schon infolge der Kurven.

Im fliegenden Gleise werden die Kurven am besten aus Trapezjochen hergestellt (Fig. 63).

Fig. 63.

Die Gleislegung wird wesentlich beschleunigt, wenn man, sobald ein erstes Stück fertig ist, Wagen daraufstellt und mit diesen das Material nachführt. 2 Arbeiter mit einem Pferde können so aus Jochen an einem Tage 2—3 km fliegender Gleise verlegen, wobei der eine den Wagen führt und, wenn dieser am Ende des letzten Joches ein neues herunterschiebt, das von dem andern aufgenommen und sofort angeschlossen wird. Das Pferd muss dabei natürlich seitlich der Gleislinie

gehen. Wo der Betrieb mit Pferden erfolgen soll, muss entweder nach Fertigstellung der Gleise der Schotter zwischen den Schienen mit Rasenplaggen oder bindiger Erde überdeckt werden, damit die Tiere einen sicheren Tritt haben und keinen Schotter herausschleudern können, oder es ist seitwärts ein Pfad für sie anzulegen.

e) Kreuzungen. Einmündungen.

Zur Vermittlung zwischen zwei Schienensträngen dienen besondere Vorrichtungen:

1. Kreuzungen (Fig. 64),
2. Wendplatten und Drehscheiben (Fig. 65),
3. Gleis- oder Schienenbrücken (Fig. 66) und
4. Weichen (Fig. 67—68).

Fig. 64.

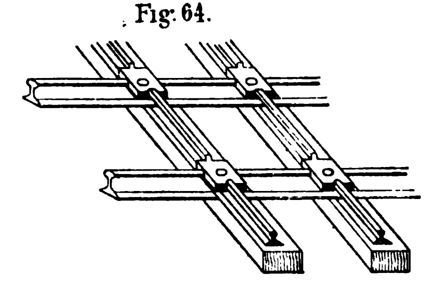
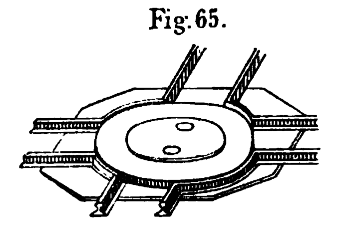
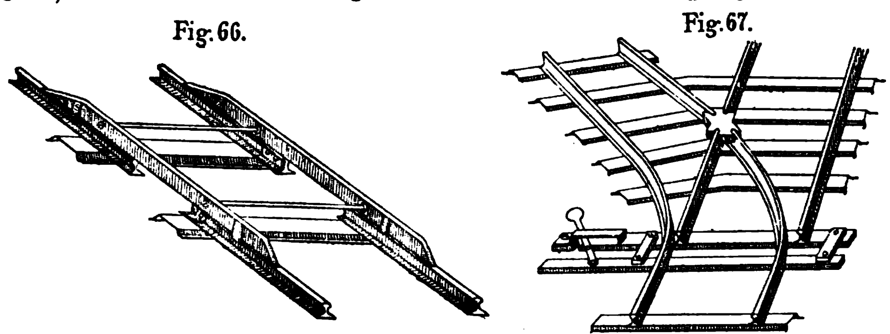


Fig. 65.



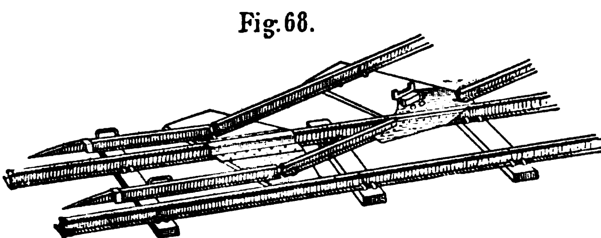
Mittelst der Kreuzung können zwei feste Bahnen im rechten Winkel auf gleicher Wegebene im Dienste tätig sein, mittelst Wendplatten einzelne beladene Wagen aus der einen in die andere Richtung übergeführt werden (z. B. auf engen Lagerplätzen), mittelst Schienenbrücken zwei begegnende fliegende Bahnen vorübergehend verbunden oder die eine über die andere hinweggelegt werden. Die Weichen sind entweder so gebaut, dass ihre Schienen in der Höhe des übrigen Gleises laufen — „Schleppweichen" (Fig. 67) und mit einfachem Handgriff oder Druck des Fusses angezogen oder entfernt

Fig. 66. Fig. 67.



werden können, weniger empfehlenswert, weil nur für einflanschige Räder passierbar, oder zumal für fliegende Gleise als „Kletterweichen" (Fig. 68), welche an beliebiger Stelle eines liegenden Stranges aufgelegt, von einem Seitenstrange her die Fahrzeuge auf ersteren hinauflaufen lassen. Ihre Bedienung erfordert nur einen Mann. Besonders leistungsfähig ist die Dolberg'sche Kletterweiche.

Fig. 68.



Müssen Wege gekreuzt werden, so werden entweder die Schienen in den Weg versenkt und jeweils eine Leitschiene beigegeben, oder ein Bohlenübergang angefertigt,

indem man den Zwischenraum zwischen den Schienen bis auf die Höhe des Schienenkopfes mit Bohlen auslegt, so dass nur ein schmaler Spalt für den Durchgang der Flansche übrigbleibt, und beiderseits Anfahrten aus Bohlen errichtet. Ist der Weg viel befahren, so unterbricht man besser das Gleise und stellt, wenn ein Zug passieren soll, die Verbindung durch eine Schienenbrücke (Fig. 66) her.

*§ 45. **Die Klein-Bahnsysteme von Spalding und von Bierau.** Spalding benutzt 2 m lange Joche einer 65 mm hohen pro l. m. 7 kg schweren Schiene mit einer Spurweite von 600 mm. Ursprünglich hatte er die Schienen auf 2 Holzschwellen befestigt, später ersetzte er die Schwellen durch ca. 20 mm starke Spurstangen, welche von aussen durch Schrauben an den Schienen festgemacht sind. Auf festem Boden können diese Joche ohne weiteres verlegt werden, auf nachgiebigerem Grunde (Waldboden, Acker etc.) aber legt Spalding unter die Spurstangen noch Holzschwellen und verbindet diese mit jenen durch uförmige Bandeisen. Er erzielt so eine leichte Verlegbarkeit, die Möglichkeit mit den kurzen Jochen sich dem Gelände anzupassen und doch wegen des starken Schienenprofils eine hohe Tragfähigkeit. Sein System hat sich denn auch schon in der älteren Form recht gut bewährt.

Bierau[38]) ist auf Grund seiner langjährigen Erfahrungen als Betriebsleiter der ausgedehnten Waldeisenbahnen der Oberförsterei Schirmeck zur Ueberzeugung gekommen, dass die Schwellen ganz entbehrt werden können, wenn eine genügend starke Schiene gewählt und dem Gleise durch starke Laschen und Spurstangen eine hohe Versteifung erteilt wird. Er empfiehlt die Verwendung von 9 m langen Schienen mit einem Gewichte von 16 kg pro 1 m, die in regelmässigen Abständen (1,5 m) in der Mitte des Steges durchbohrt sind, um die Spurstangen aufzunehmen. Diese Spurstangen sind 25 mm stark und tragen an beiden Enden ein 10 cm langes Schraubengewinde und je eine Schraubenmutter auf der Innen- und Aussenseite der Schiene. Durch Lockern und Anziehen der Muttern kann die Spurweite leicht geregelt werden. Die Verbindung der Schienen in der Längsrichtung erfolgt durch starke Winkellaschen, für die auf dem Planum jeweils eine kleine Vertiefung geschaffen werden muss, wodurch aber auch wieder ein Schutz gegen seitliche Verschiebung gewonnen wird. Die Anlage eines Gleises geschieht derart, dass erst die Schienen des einen Stranges auf ein Stück von etwa 27 m (3 Schienenlängen) gelegt, in die richtige Lage gerückt und verlascht werden. Dann werden die Spurstangen eingesteckt, die Schienen des zweiten Stranges gelegt, die Spurstangenenden eingezogen und zunächst nur lose befestigt. Darauf verlascht man auch in diesem Strange die Stösse und zieht endlich die Muttern an den Spurstangen unter genauer Beobachtung der Spurweite fest. Den Schluss macht das Unterstopfen der Schienen mit Schotter etc. an Stellen wo sie etwa hohl liegen. In Kurven verwendet Bierau auch die geraden Schienen, lässt sie zuerst in gerader Linie sorgsam verlaschen und biegt sie dann durch Zug oder Druck in die richtige Lage hinein. Damit die Spurstangen immer möglichst senkrecht zu den Schienen stehen, sind für den Innenstrang des Gleises kürzere Ausgleichstücke notwendig. Um dem Ausbiegen der Schienen vorzubeugen das bei Durchfahren von schweren Lasten in Kurven eintreten kann, müssen hier die Spurstangen näher zusammen gerückt werden. Das System hat den Vorteil leichte Verlegbarkeit mit höchster Tragfähigkeit und sicherer stossfreier Fahrt zu vereinen. Es gestattet mit den Dampfmaschinen auch die fliegenden Gleise zu befahren. Insbesondere gewährleistet es auch eine ruhige Fahrt in den Kurven, da hier die Schienen einen geschlossenen Bogenzug bilden, während bei Verwendung gerader Joche immer kleine Ecken entstehen, an

38) Allg. Forst- u. Jagdzeitung 1899, 325 ff., do. 1902 185 ff.

denen sich die Räder stossen, wodurch dann Materialbeschädigungen veranlasst werden. Für die Zwecke der Forstwirtschaft darf es daher als ganz besonders geeignet bezeichnet werden.

*§ 46. Die Fahrzeuge. Den leichten einfachen Einrichtungen der Bahnen müssen auch die Fahrzeuge nach ihrem Material, Gewicht, Bau und ihren Massverhältnissen entsprechen Der forstliche Betrieb verlangt nur mässige Geschwindigkeit, aber leichte Gebrauchsfähigkeit, Stärke und Dauerhaftigkeit. Laden und Entladen soll sich rasch und gefahrlos, ohne Schaden durch plötzlichen Druck und Stoss, vollziehen. Für die geringe Spurweite taugen nur niedrige kurze Gestelle mit gedrungenem Bau, stark und leicht, wohl bemessen in jeder Hinsicht, um auch die nachgiebigeren oft gefällungleichen fliegenden Bahnen ungefährdet zu durchlaufen.

1. Das Rädergestell muss von vorzüglichster Güte sein, weswegen weicher Tiegelgussstahl allem anderen vorzuziehen ist. Die Achsenlänge und Stärke ist durch die Spurweite und den Anspruch auf Tragfähigkeit gegeben — der Raddurchmesser meistens zwischen 27 und 35 cm. Einflanschige Räder (d. h. mit einem Spurkranz) haben geringere Reibung, zweiflanschige bieten mehr Sicherheit gegen Entgleisung, weil sie beiderseits der Schienenköpfe laufen. Die Räder sollen fest mit der Achse verbunden sein, weil sich die Achse dann nicht ungleichmässig abnützt und die Gefahr, dass sich ein Rad während der Fahrt loslöse, wegfällt.

Die Achsschenkel laufen in metallenen Achsbüchsen, welche am Untergestell angebracht und mit zugänglichen selbsttätigen Schmiervorrichtungen verbunden sind; befinden sich die Büchsen aussen, so laufen die Räder innerhalb und die Gestelle werden geräumiger aber schwerer.

Das Untergestell kann einen Rahmen aus Holz oder Eisen haben; dem ersteren wird man für Waldbahnen wegen der leichteren Reparaturfähigkeit den Vorzug geben.

Die Anbringung von Achsenfederungen oder Buffern ist erwünscht, besonders wichtig aber sind die Bremsen, die leicht zu bedienen und rasch und sicher wirksam sein sollen. In Anwendung finden wir Hebel- und Spindel- (Schrauben-)bremsen. Die Hebelbremsen sind wenig zu empfehlen, ist der Hebel nach oben gerichtet, so genügt er nur für einfache Verhältnisse, die Trittbebelbremse aber bringt bei der Bedienung eine nicht unerhebliche Gefährdung des Personales mit sich, das auf den seitwärts herausstehenden Hebelarm treten muss. Die Standspindelbremse wird beim Laden von Langholz leicht hinderlich, am meisten empfiehlt sich die Seitenspindelbremse in der von Bierau sehr glücklich ersonnenen Form der Seilradbremse, die es ermöglicht, beide Wagen eines Langholztransportes vom hinteren Wagen aus gleichzeitig zu bremsen und freizumachen. Bremsklötze aus weichem Holze sind den eisernen vorzuziehen, sie wirken sicherer und das Rad nützt sich weniger ab. Das Untergestell muss ferner mit Vorrichtungen zum An-

spannen der Zugtiere bezw. zum Anhängen an die Dampfmaschine und zum Koppeln der Wagen unter einander versehen sein.

Zur vollkommenen Ausnützung des Fahrparks wählt man Unterwagen, die für jede Art von Warenförderung mit geeignetem Oberbau ausgestattet werden können — Universalwagen (Fig. 69):

1. für ganze Stämme oder Schaftstücke zur sicheren Auflagerung und namentlich zur vollkommenen Beweglichkeit wagrecht über dem den Kurven der Bahn folgenden Unterwagen einen Drehschemel mit Sattelform. Sein aufrechter Dreh-zapfen wird in der Mitte des Unte[rwagens] eingelassen, auf dessen Dre[h-]scheibe der Schemel mit Rädern od[er] Rollen läuft. Zwei „Rungen", zu[m] leichten Auf- und Abladen abnehmba[r,] halten beiderseits die Stämme, u[m] welche man ausserdem Ketten schlingt. Auf diesen Drehschemeln eines Wagenpaars ruhen die aufgeladenen Stämme[39])

Fig. 70.

2. für Schnitt-, Spalt- und Brennholz (auch Stangen) wird statt der Drehschemel ein ebener kurzer Aufsatz aus Holz und Eisen auf einen Wagen, ein längerer über zweien eingezapft, mit Wänden oder geraden Rungen auf beiden Enden, zum Befestigen der Ladungen,

3. zum Aufladen von Futter, Streu, Torf etc dient ein gitterförmiger Aufsatz,

4. für Sand, Erde, Steine, Früchte die sog. Kippmulde, welche nach hinten oder seitewärts mittelst einfachen Mechanismus umgestürzt werden kann.

Weitaus die meisten Vorteile treten bei der Stammholzförderung zu Tage: die lenkbaren niedrigen Fahrzeuge, die leichte Verlegbarkeit der Geleise, die geringe Ladhöhe und dazu die nötig gewesene Ergänzung durch die Hebgeschirre, deren ebenfalls eine ganze Reihe konstruiert worden ist.

§ 47. Das Hebegeschirr (Hebzeug). Ein ruhiges Aufladen schwerer Stämme, ohne Gefahr für die Arbeiter, ohne Schaden für die Bahnen und Fahrzeuge und zu grossen Zeitverlust bedingt die Anwendung von Hebwerkzeugen. Die Arbeiter müssen

1. mit ihnen jeden Stamm vom Boden allmählich so weit schwebend aufheben können, dass Schienengeleise unterlegt, zwei Schemelwagen darauf gestellt und unter den Stamm herangeschoben,

2. ohne jähen Ruck oder Stoss der schwebende Stamm in die Geleisrichtung gebracht und auf die Wagen niedergelassen werden kann,

3. die Hebvorrichtung muss von zwei Arbeitern getragen und gehandhabt werden können.

Die Handhabung des Geschirrs, das Erfassen der jeweiligen Sachlage und das Zusammenwirken der Kräfte beim Heben, Gleislegen, Laden, Fahren und Entladen muss geübt werden, um alle Vorteile wahrzunehmen.

Die anfänglich vielgebrauchte Heblade, eine bekannte ältere Vorrichtung, welche die Lehre vom zweiarmigen Hebel benützt, drei Arbeiter und meistens zwei Aufstellungen (am Stock- und Zopfende) erfordert, aber nicht ungefährlich ist, wurde bald durch verschiedene Zahnstangen-Winden ersetzt. Hier wird zu jeder

39) Konstruktionen von Drehschemeln, auch solche ohne Rungen, bestehen schon in grosser Auswahl, z B. solche, welche zum Entladen sich seitwärts umkippen lassen (und sich selbsttätig wieder aufrichten), von Krupp in Essen.

Seite des (mutmasslichen) Stammschwerpunkts eine starke Winde (Fig. 71) aufgestellt, deren verbindender Querbalken an Zange und Kette den Stamm soweit hebt, wie die Zahnstangen reichen, worauf der Stamm unterlegt, der Querbalken gelöst und untergeschoben und nach dem Niederlassen der Zahnstangen auf ihm die höhere Hebung vollendet wird.

Fig. 71.

An den Schraubenwinden sind die Zahnstangen durch zwei Schraubenwerke im Holzgestell ersetzt, deren eine Spindel, beim Drehen der Welle mit der Kurbel, rechts (aufwärts), während die andere links (abwärts) geht.

Der tragbare Krahnen besteht aus dem Krahnengestell mit Ketten- (oder Seil-)Winde, deren gebogener Arm einen Flaschenzug trägt und an seinem Ende von einer gegenübergestellten Stütze hochgehalten wird.

Der Baumkrahnen (mit Doppelhebel)[40] setzt sich aus zwei trennbaren eisernen Krahnenträgern mit verstellbaren Fussstützen zusammen, wird zum Gebrauch in seinen zwei Halbbogen-Enden durch einen Bolzen geschlossen, trägt an Ketten in der Mitte die sog. Teufelsklaue, welche den Stamm umfasst und deren geeichte Ketten durch zwei Triebräder aufgenommen und durch einen Handhebel beiderseits aufgezogen werden.

Fig. 72.

Eine ähnliche Zusammensetzung zeigt die zweiteilige Zentralheblade[41]), ihre Teufelsklaue mit geaichtem Kettenzug wird jedoch durch zwei in halber Gestellhöhe angebrachte Zahnrad-Getriebe mit Kurbeln in Tätigkeit gesetzt (Fig. 72).

Aufladevorrichtungen mit geneigter Ebene, Verbesserungen der Schraubenwinde, des tragbaren Krahnens u. a. sind seither von verschiedenen Seiten vorgeführt worden.

*§ 48. Betrieb der Waldbahnen. In der Ebene müssen die leeren Wagen bis an den Hiebsort verbracht, auf die letzten Enden der fliegenden Gleise geschoben und nach vollzogener Beladung wieder auf dem Hauptgleise zu Zügen zusammengestellt und dann nach dem Umladeplatz geführt werden. Hierzu ist immer eine bewegende Kraft (Pferde- oder Dampfmaschinen) nötig. Im Gebirge kann der Transport der beladenen Wagen vielfach allein durch die Schwere bewirkt werden, es handelt sich nur darum, die leeren Fahrzeuge in die Höhe nach dem Hiebsorte zu bringen, nach Aufnahme der Last werden sie von den Arbeitern einzeln oder in kleinen Zügen durch Schieben in Bewegung gesetzt, falls nicht das Gefälle so stark ist, dass schon das Oeffnen der Bremsen genügt, um das Abwärtsgleiten zu veranlassen. Während

40) Durch Dolberg-Rostock zuerst gebracht und sogleich als sehr brauchbar befunden.

41) Aus den Werken des Osnabrücker Georgs-Marien-Bergwerks- und Hüttenvereins, vorgeführt auf einer Ausstellung im Oktober 1885.

der Talfahrt muss die Aufmerksamkeit der Bremser hauptsächlich darauf gerichtet sein, zu verhüten, dass die Geschwindigkeit zu gross werde. Eine Zugkraft wird im Gebirge nur beansprucht, wo der Transport längere Strecken bergauf, eben oder mit ganz geringer Neigung bergab geht.

Die Verwendung von Dampfmaschinen ist — wie früher erörtert — nur lohnend, wenn es sich um Massen von mindestens 10000 fm (bei Transport bergauf 3000 fm) handelt. In allen andern Fällen werden als Zugkräfte nur Pferde oder Ochsen in Frage kommen.

Da der Waldeigentümer doch meist das ganze liegende wie rollende Material stellen muss, ist i. A. die eigene Verwaltung der Bahn der Vergebung an Unternehmer vorzuziehen. Auch empfiehlt es sich beim Betrieb insbesondere beim Laden die Holzhauer zu verwenden, um ein gutes Ineinandergreifen der Fällung, des Rückens und der Abfuhr zu bewirken, durch das viel Geld und Zeit gespart werden kann.

VII. Die Veranschlagung der Baukosten.

§ 49. Die Kosten eines Baues werden vorher veranschlagt teils um die Ausführbarkeit mit den verfügbaren Mitteln zu ermessen oder dieselben rechtzeitig flüssig zu machen, teils um verschiedene Bauarten nach ihrem Aufwand und Vorteil zu vergleichen, teils um eine sichere Grundlage für die Vergebung der Lieferungen und Arbeiten zu gewinnen.

Für jeden Bau sind zu überschlagen

A. der Wert der Baufläche bezw. die Grösse der Entschädigung für ihre Abtretung oder zeitweise Ueberlassung sowie der Aufwand der Abräumung:

B. Die Beschaffung von Baustoffen, Geschirr und Gerätschaften und die Kosten der Abnützung;

C. die Miete menschlicher und tierischer (oder mechanischer) Arbeitskräfte mit oder ohne Arbeitszeug.

Für jedes Geschäftsjahr fertigt man Bedarfs-Uebersichten nach allgemeinen Erfahrungssätzen, für jeden ansehnlicheren Bau einen genaueren Kostenanschlag auf Grund der Absteckungen, Ausmessungen und Einzelberechnungen. Letztere umfassen folgende Einzelheiten:

1. Abräumung der Stöcke und Wurzeln und des Bodenüberzuges,
2. Bau des Wegkörpers durch Ab- und Auftrag und Ausebnung der Bauflächen,
3. Einmalige und dauernde Anstalten zur Wasserableitung,
4. Herstellung der Fahrbahn (bezw. Bahnlegung) und Befestigung,
5. Aufbau der Böschungen, Pflasterungen und des Mauerwerks,
6. Bau von Wasserdurchlässen,
7. Nebenanstalten (Schutzvorrichtungen etc.),
8. Anschaffung von Geschirr, Gerätschaften, Fahrzeugen und dergl. für den Bau und den künftigen eigenen Fahrbetrieb,
9. Kosten der Vorarbeiten und Arbeitsaufsicht.

Ueber den Erwerb oder die Miete fremden Geländes müssen zeitige Verhandlungen gepflogen und nach erzielter Einigung Kauf- oder Mietverträge abgeschlossen werden.

Soweit die eigenen Baustoffe nicht zureichen oder nicht taugen, sind Bezugsquellen zu ermitteln und Lieferungsverträge abzuschliessen (Art, Zeit, Ort, Preis, Zahlungsort und -Termin, nach Preislisten, Proben).

Die Mitteilung von Zahlen bezüglich der Wegbaukosten hat keine grosse praktische Bedeutung, weil die Löhne und Bauverhältnisse gegendweise zu verschieden sind.

Die Veranschlagung muss daher immer von den örtlichen Erfahrungen ausgehen, fehlen solche, so empfiehlt es sich vor Beginn einer grösseren Bautätigkeit kleine Probestücke im Taglohn unter genauer Aufsicht ausführen zu lassen, um Anhaltspunkte zu gewinnen. Für kleinere Bauten mögen in diesem Falle die in den Forst- und Jagdkalendern enthaltenen Uebersichten dienen. Die im folgenden § gemachten Angaben nach Arbeitstagen — für erwachsene männliche Arbeiter mit 10stündiger Arbeitszeit — sollen daher nur zur allgemeinen Orientierung dienen.

*§ 50. Kosten (Zeitaufwand) der einzelnen Arbeiten. Die Abräumung der Baufläche vom Bodenüberzug und Wurzelstöcken kann in vielen Fällen gegen Abgabe dieses Materiales kostenlos erzielt werden. Der Zeitaufwand schwankt bei durchwurzeltem Boden zwischen $^3/_4$ und 2 Stunden pro qm, bei Rasen zwischen $^1/_4$ und $^1/_2$ Stunde, bei Heide etc. zwischen 10 und 20 Minuten, bei Moos Humus etc. 5—10 Minuten pro qm.

Das Lösen der Abtragsmassen erfordert je nach deren Bindigkeit sehr verschiedene Zeiten, die örtlichen Umstände (Mächtigkeit der zu beseitigenden Schicht, Feuchtigkeit) und die Gewandheit der Arbeiter sind gerade hier von ausschlaggebender Bedeutung, so dass in dieser Beziehung ganz besonders die örtlichen Erfahrungen wichtig sind. Die folgende Uebersicht soll nur die Grenzen ungefähr angeben.

Der Arbeitsaufwand für das Lösen (einschliesslich des Transportes auf Wurfweite mit der Schaufel und Spaten, soweit diese verwendet werden können) beträgt pro cbm

Bei losen, lockeren Bodenarten	0,7— 1,5 Stunden
„ mittelfesten „	1,2— 2,0 „
„ schweren zähen „	2,0— 3,0 „
„ Bodenarten und Gesteinen, die mit der Spitzhaue bearbeitet werden müssen	3,0— 5,0 „
„ Gesteinen, die mit Brechgeschirr zu bearbeiten sind	4,5— 8,0 „
„ „ „ zu sprengen sind	7 —14,0 „
„ klüftigen, harten Gesteinen	15 —22,0 „

Werden die gelösten Massen im gleichen Profile verwendet, so ist es i. d. R. nicht erforderlich für den Transport eine Vergütung zu geben und für das Anschütten der Auftragskörper nur dann, wenn diese so mächtig sind, dass es notwendig wird, die aufgeschütteten Massen festzustampfen. Hiefür ist pro cbm ein Zeitaufwand von 1—1,2 Stunden erforderlich.

Wie die mittlere Förderweite gefunden werden kann, wenn die Gewinnungs- und Verwendungsstellen des Auftrags weiter von einander entfernt sind, ist im § 26 gezeigt worden. Nennen wir sie x und die Geschwindigkeit des Fuhrwerks g, so erfordert ein Transport die Zeit $\frac{2x}{g}$ wozu dann noch für den unvermeidlichen Aufenthalt beim Wechseln der Wagen — die Beladung geschieht i. d. R. durch die Arbeiter, welche das Lösen besorgen — beim Entleeren, Ausweichen etc. ein Zuschlag zu machen ist, den wir mit z bezeichnen wollen. Der Gesamtzeitraum für eine Ladung beträgt also $\frac{2x}{g} + z$. Fasst nun das Fuhrwerk i cbm, erhalten die zu seiner Führung erforderlichen Arbeiter — eventuell nebst den Tieren — einen Taglohn T, und arbeiten sie n Stunden, so kostet der Transport eines cbm: $\frac{T}{n \cdot i}\left(\frac{2x}{g} + z\right)$. Für die Abnutzung des Geschirres, das die Arbeiter i. d. R. stellen, ist noch ein Zuschlag von etwa 10% zu machen.

Die Grabenanlagen kann man entweder nach der Aushubsmasse veranschlagen oder Durchschnittspreise nach dem laufenden Meter ansetzen. Das letztere Verfahren ist auch bei den Dohlen meist üblich, für genauere Veranschlagung müssten getrennt berechnet werden:

der Aufwand für Erstellung der Baugrube.
„ „ „ Beschaffung des Baumateriales,
„ „ „ Bau des Dohlens und Ausfüllung der Baugrube. Die Höhe des Bauaufwandes richtet sich hierbei hauptsächlich nach der gewählten lichten Weite.

Für das Abwölben der Fahrbahn und für die einfachen Arten der Böschungsbefestigung ist eine Vergütung zu gewähren die darnach zu bemessen ist, dass für 100 qm etwa 15 Stunden erforderlich sind. Die Baugrube für ein Gestück kann vielfach mit der Planierung des Erdkörpers erfolgen, für sie ist dann keine besondere Entschädigung zu leisten, dagegen ist aus der Breite und Höhe des Fundaments der erforderliche Steinbedarf zu berechnen, und wenn die an Ort und Stelle gefundenen Steine nicht ausreichen, die Kosten für Gewinnung und Beifuhr zu ermitteln. Für das Setzen, Richten und Ausschlagen des Gestückes müssen pro cbm etwa 3—5 Stunden gerechnet werden. Ebenso wird die erforderliche Schottermenge nach cbm berechnet, auch bei ihr ist der Kostenaufwand hauptsächlich von der Entfernung abhängig auf die hin ein Transport notwendig wird. Das Kleinschlagen des Schotters beansprucht je nach der Gesteinshärte pro cbm $^1/_2$—1 Tag, das Ausbreiten 1—$1^1/_2$ Stunden pro cbm. Endlich wäre für das Uebererden noch eine Vergütung von ca. 10 Pfg. für das laufende Meter zu gewähren, sofern das Material hierzu an Ort und Stelle gewonnen werden kann. Die Kosten für etwaiges Festwalzen der Schotterdecke richten sich hauptsächlich nach den Mietkosten (Verzinsung und Amortisation bei Eigentum) der Walze, den Tag- und Fuhrlöhnen der Gegend. An einem Tag können ca. 2 km gewalzt werden. Erforderlich sind 2—3 Pferde und 2—3 Arbeiter.

Mauerbauten veranschlagt man unter Anrechnung der ortsüblichen Preise nach dem Kubikmeter.

Für Brückenbauten wird man am besten den Voranschlag durch einen Bausachverständigen aufstellen, oder die von Handwerksleuten (Zimmermann-, Maurer-) gefertigten Ueberschläge von einem solchen prüfen lassen.

Die Anlagekosten einer Waldeisenbahn bestehen in jenen für die Erstellung eines schmalen Erdweges und denen für Anschaffung des liegenden und rollenden Materiales. Diese können leicht aus einem Preisverzeichnis der betr. Fabriken erhoben werden. Hiezu treten dann noch die Kosten für das Legen der Gleise. (In Schirmeck 7 Pfg. für 1 l. m.)

VIII. Einleitung und Betrieb der Bauten.

*§ 51. Bauzeit. Die günstigste Zeit für die Erstellung von Wegbauten ist Sommer und Herbst. Kann mit dem Bau so frühzeitig begonnen werden, dass bis zur Benutzung des Weges ein volles Jahr verstreichen wird, so ist es ratsam im ersten Sommer nur den Erdbau nebst den Dohlen, Brücken und sonstigen Uebergängen zu erstellen, ihn dann über Winter sich unter dem Einfluss der Feuchtigkeit setzen zu lassen und erst im zweiten Sommer das Gestück und die Beschotterung einzubringen, nachdem die Unebenheiten, die das Setzen hervorgerufen hat, beseitigt worden sind. Vielfach wird die Wahl der Bauzeit auch beeinflusst durch die Schwierigkeit Arbeiter zu bekommen und die Absicht dem vorhandenen Stamme ständiger Waldarbeiter jahraus jahrein Verdienstgelegenheit zu bieten. Wo die Holzhauerei im Winter und Frühjahr geschieht, geben die Wegbauten Beschäftigung im Sommer und Herbst, herrscht Sommerfällung, so verlegt man die Wegbauten in den Herbst und Vorwinter, die Gewinnung und Zurichtung von Steinen für Gestück und Schotter kann sogar während des ganzen Winters erfolgen. Im Ueberschwemmungsgebiet muss die Zeit des tiefsten

Wasserstandes (Nachsommer, Herbstanfang) zur Bauausführung benützt werden.

*§ 52. Die Vergebung der Arbeiten. Die Ausführung der Wegbauten geschieht i. d. R. im Akkord. Taglohnarbeit ist nur üblich bei kleinen Bauten, oder wenn es sich um Unternehmungen handelt, für die noch keine örtlichen Erfahrungen vorliegen, die als Grundlage für die Vergebung im Akkorde dienen könnten, schliesslich für besonders schwierige oder wichtige Arbeiten. Die Bevorzugung der Akkordarbeit ist sachlich dadurch gerechtfertigt, dass der Arbeiter bei vielen Bauausführungen durch persönliche Geschicklichkeit und Findigkeit, durch ein zweckmässiges Angreifen der Aufgabe viele Zeit, Mühen und Kosten ersparen kann, wofür ihm dann auch ein Mehrverdienst gebührt. Auch lässt sich das zweckmässige Vorgehen durch blosse Aufsicht nicht erzwingen, der Arbeiter selbst muss am Erfolge interessiert sein. Dagegen wird i. d. R. die Vergebung durch Handakkord der Versteigerung an den Wenigstfordernden vorzuziehen sein, damit man die eigenen Waldarbeiter vor Fremden bevorzugen, das unvernünftige Unterbieten verhüten kann. Für grössere Maurer-, Zimmermanns- und Schlosserarbeiten kommt meist nur ein einziger Handwerker in Frage, andernfalls kann für derartige Bauten das Submissionsverfahren angewendet werden.

Die Grundlage der Arbeitsvergebung bildet ein Protokoll, welches enthält:

1. Allgemeine Bestimmungen über die Ausführungen der einzelnen Bauteile (Wegbreite, Grabentiefe, Gestückstärke etc.), über die Einstellung, Abweisung, Versicherungspflicht der Arbeiter, die Vorsichtsmassregeln zum Schutze dieser wie des Publikums, die Abnahme der einzelnen Bauteile, Gewährung von Vergütung für Mehrarbeit, Auszahlung des Verdienstes, Haftbarkeit des Uebernehmers sowohl für die Güte der gelieferten Arbeit als für Schäden, die er oder seine Leute verursacht haben, über den Anfangs- und Endtermin, Konventionalstrafen und dergleichen mehr.

2. Spezielle Bestimmungen über die Ausmasse und die Ausführung der einzelnen Teile, soweit nötig mit Handrissen, den Kostenanschlag und den Uebernahmspreis.

Von dem Protokolle sollte jeder Unternehmer eine Abschrift erhalten, vom zweiten Teile natürlich nur bezüglich seiner Lose.

*§ 53. Die Bauleitung und Aufsicht. Die eigentliche Bauleitung ist Sache des Verwaltungsbeamten, in der Aufsicht muss derselbe von dem Schutzpersonale unterstützt werden, in Bezirken mit umfangreichen Bauten stellt man am besten besondere Wegbauaufseher an, denen dann auch ein grosser Teil der Vorarbeiten übertragen werden kann. Der mit der Bauaufsicht betraute Beamte hat zunächst darauf zu achten, dass die Arbeiten sorgsam ausgeführt werden, dass kein unbrauchbares Material mit eingebaut wird, er soll weiter bei unvorhergesehenen Hindernissen die nötigen Anordnungen geben, einzelne fertiggestellte Bauteile, Materiallieferungen einsehen, abmessen und übernehmen. Auch die Kontrolle darüber, dass der Uebernehmer und seine Arbeiter den Bestimmungen der Versicherungsgesetze nachkommen, wird am besten ihm übertragen.

IX. Die Wegpflege.

§ 54. Kein fertiger Bau kann der Nacharbeiten entraten, da kleine Mängel und Missgriffe nirgends ausbleiben, an den Auftragskörpern durch ungleiches Setzen, am Mauerwerk durch Nachgeben schlechten Verbandes, an den Böschungen durch Ausschwemmen, Ausfrieren und Nachrutschen, an der Fahrbahn durch die Fuhrwerke, Baumstämme und das Wasser. Zu rascher Abhilfe sieht man deswegen sogleich Nachbesserungskosten vor. Für jene Bauteile aber, welche der ständigen Abnutzung durch den Gebrauch unterliegen oder durch Wasser, Witterungswechsel, chemische Vorgänge

Baumwurzeln, Holzfällung u. a. beschädigt oder zerstört werden: die **Fahrbahn** vor allem, müssen Massregeln ergriffen werden,

I. welche zu starker Abnutzung und Beschädigung vorbeugen,

II. welche die Widerstandsfähigkeit erhalten, mehren oder erneuern,

III. unzulässige Zumutungen, An- und Eingriffe abweisen,

also der Verkehrs-Erleichterung, Instandhaltung und des Schutzes.

Die Wegpflege wird schon durch richtige Wahl der Wegrichtung, des Gefälles, der Bauart und Baustoffe, genügende Breite und Festigkeit der Bahn, mässige Neigung und genügende Befestigung der Böschungen, Sorge für Wasserableitung und dergl. in hohem Grade erleichtert.

Arbeiten der Instandhaltung. Je nach den Fahrzeugen und der Art des Fahrens, der Art der Wald-Erzeugnisse und ihrer Aufbereitung, dem Boden und den Gesteinen der Fahrbahnen, der üblichen Hiebs- und Abfuhrzeit und dem Witterungsverlauf verursacht die Wegunterhaltung einen grösseren oder kleineren Aufwand an Material, Arbeit und Kosten.

Auf einigen Hauptlinien bewegt sich jahraus jahrein die Abfuhr mit den schwersten Voll-Ladungen, auf den Nebenlinien dagegen ist der Verkehr auf einzelne Jahreszeiten und schwache Ladungen beschränkt.

Nur für die ersteren lohnt sich die kostspielige feste breite Steinbahn, weil die grosse Ersparnis an Zugkräften, Fahrzeugen und Geschirr sowie an Bahn-Unterhaltung den ersten Aufwand deckt und ökonomisch rechtfertigt. Doch muss die Bahnbreite der Grösse des Verkehrs geradezu entsprechen. **Gute Steinbahnen von** 3,8 bis 4,5 m (4,2—5,0 m Kronenbreite) **sind im Walde am billigsten zu unterhalten und genügen.**

Ist eine gute Steinbahn gebaut und durch Anwalzen gehörig gedichtet, so lässt sich die Wegpflege, nämlich: Reinhaltung und Wasserableitung, Ersatz der Abnutzung oder Umbau der Steinbahnen, Erhaltung der Erdbahnen und das Schneebahnen mit mässigen Mitteln durchführen.

Vor allem müssen die Wege rein gehalten werden; alle Pflanzenabfälle, tierische Ausscheidungen, Sand, Schlamm und Bauschutt werden mit Haue und Krücke oder mit Reisigbesen in regelmässiger Wiederholung zur Seite geschafft, namentlich nach Fertigstellung eines Holzschlages und während der Holzabfuhr. Auf Hauptwegen entsteht viel lästiger Staub und Kot, welcher aus den weicheren Gesteinsarten sich rascher und reichlicher entwickelt und das Fahren erschwert. Man verhütet durch Ableitung der Wasserzuflüsse und Einebnung der Bahn zugleich die Aufweichung derselben und tiefe Gleisbildungen.

Den Erdbahnen muss nach jedem stärkeren Gebrauch durch erneute hohe Abwölbung — Weghobel — und Förderung des Abtrocknens das anfängliche Profil und durch Eindecken mit bindiger Erde, wenn zu locker und sandig — mit Kies und Grobsand, wenn zu tonig und nass — grössere Tragfähigkeit verliehen werden. Auch **Berasung** kann dienlich sein, andere Gewächse dagegen sind innerhalb Kronenbreite fernzuhalten.

Die Steinbahnen nutzen sich unvermeidlich durch die An- und Eingriffe der Fuhrwerke und Zugtiere, die Einwirkung von Luft und Wasser ab. Die Wahl haltbaren Gesteins, Gestaltung und Erhaltung einer geschlossenen flachabgewölbten Bahn, worauf die Fuhrwerke ohne Stösse und Schläge fortrollen, sind einfache Mittel, die Abnutzung zu mindern.

Die härtesten Gesteinsarten (Porphyr, Basalt, Dolerit . . .) haben gegen die weichsten (Kalktuffe, weiche Sandsteine) bei gleicher Stärke eine 18—20fache Zerdrückungsfestigkeit z. B.

	Belastung	
Basalt, Porphyr	140 kg p. □ cm	100 : 20 : 9
Buntsandstein	28 „ „	
Keupersandstein	15 „ „ „	

und Schottersteine mit 4 cm Würfelkante die vierfache Tragkraft als mit 2 cm, aber jedes Gestein wechselt selbst seine Güte, grössere Härte gestattet kleinere Würfel, welche sich besser zu gleichmässigem Bahnprofil vereinigen. Im Walde ist die Abnutzung übrigens wegen der Verschiedenheit des Gesteins, der Fuhrwerke und ihrer Ladungen, des Feuchtigkeitsgrades und der Beschattung u. s. w. sehr schwankend, daher auch ein mittlerer Kostenbetrag der Wegpflege schwer anzugeben.

Der Bedarf an Schottermaterial für die Hauptwege ist sehr verschieden je nach dem zur Verfügung stehenden Gesteine und nach der Stärke des Verkehres. Für grössere Wegnetze darf man bei hartem Schotter auf den km Weglänge im Durchschnitt, 12—15 cbm Schotter, bei weichem Gesteine das Doppelte jährlich rechnen, für einzelne, viel befahrene Wege steigt der Bedarf bis auf das 10fache im Einzeljahr.

In dem 40 km langen Wegnetze des Forstamtes St. Blasien betrug im Durchschnitt der Jahre 1886/94 der Bedarf an Schotter pro km 12,22 cbm. Das verwendete Material war Porphyr, Granit und harter Tonschiefer.

Die Bahnunterhaltung wird auf zweierlei Weise geübt:

1. durch Flicken d. h. stellenweises Ausheben unebener, lockerer und vom Ausfahren oder Einsinken vertiefter Plätze, welche bis zur Bahnhöhe wieder gefüllt und befestigt werden;

2. durch Eindecken d. h. streckenweises gleichmässiges Ueberführen der Steinbahn mit neuem Schotter, nach soweit vorgeschrittener Abnutzung, dass das Gestück hervortritt und der Schotter zerrieben und zermahlen erscheint.

Erstere Art eignet sich mehr für besuchte breite Hauptwege mit guter geschlossener Steinbahn, die zweite für Wege II. u. III. Ordn. mit weicherer Steinbahn, sowie zur allmählichen Umwandlung von sog. Schotter- und Erdwegen in gute Steinbahnen.

Auch die „verdorbenen Steinbahnen“, deren Wölbung, Gefälle und Dichtheit in einzelnen Strecken durch versäumte Pflege notgelitten hat, werden einem völligen Umbau durch neues durchgreifendes Eindecken (nach Bedarf mit vorheriger Ausbesserung oder Erneuerung des Gestücks) unterzogen. Kleine Steinvorräte sind dann zum nachträglichen „Flicken“ zurückzubehalten und seitwärts zu lagern.

Verschneite Wege werden, wenn nur stellenweise durch Schneewehen („Woden“) unfahrbar, durch Wegschaufeln wieder geöffnet; nach grossem Schneefall mit dem Bahnschlitten (Schneepflug) frei gemacht.

Die Fussbahnen, Böschungen und Gräben, Schotter-, Wend- und Holzlagerplätze werden, je nach Erfordernis, mit Schaufel und Breithaue zeitweise abgezogen oder frisch übererdet (z. B. die Fussbahnen mit dem zermahlenen Abraum der Steinbahn, die Böschungen mit dem Grabenaushub). Die Gräben und Fussbahnen werden von Gewächsen, Laub und humosem Schutt reingehalten und in ihrem Profil erhalten, an den Böschungen dagegen die Wasserrinnen mit grobem Gestein ausgelegt, das Bewachsen gefördert.

Schleif-, Schlitt- und Reitwege werden mit kleinem Steingeröll und Kies oder Grobsand zeitweise überführt.

An Steinbauten wird jede durch Senken, Auswaschen, Ausfrieren, Holzfällung und Abfuhr veranlasste Störung des Profils und Zusammenhaltes in Bälde durch Ausbesserung, Beseitigung eingedrungener Gewächse, Verspeisung der Fugen und Bewurf

— beim Weichen von Mauerteilen durch Abtrag und neuen Aufbau zu beseitigen gesucht.

Häufiger und zeitiger Ausbesserung bedürfen alle Holzbauten — eine Schattenseite derselben, welche durch Imprägnieren und Anstrich namhaft kleiner wird.

Zur Sicherheit des Verkehrs sind namentlich die hölzernen Brücken in allen Teilen öfter zu untersuchen; schadhaftes Gebälke ist auszuwechseln oder doch durch Notbalken, Versteifungen, eiserne Klammern oder dergl. zu befestigen. Beim Auswechseln der Brückendeckung sind die alten noch brauchbaren Teile nach aussen zusammenzulegen (oder unter den Spurbohlen). Namentlich ist Auskitten aller Risse und Fugen und periodische Erneuerung des Anstrichs zu empfehlen.

Die Aufsicht über die Wege und ihre Unterhaltung gehört zu den Obliegenheiten der Forstschutzbeamten. Wo ein grösseres Wegnetz besteht, empfiehlt es sich die laufenden kleinen Unterhaltungsarbeiten ständigen Arbeitern — Wegwarten — zu übertragen. Nur in den Zeiten der Neubeschotterung oder des Bahnens bei Schnee werden ihnen noch Taglöhner zugewiesen.

* X. Der Holztransport zu Wasser.

*§ 55. Bedeutung der Flösserei. Die Benutzung der Wasserläufe zur Beförderung des Holzes ist viel älter als jede andere Transportart, sie allein ermöglichte in früheren Jahrhunderten, als der Holzpreis noch sehr niedrig war, die Verwertung der Erzeugnisse abgelegener Waldgebiete; auf ihr beruhte bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts fast ausschliesslich der Holzhandel sowie die Versorgung holzarmer Gegenden, und heute noch spielt die Möglichkeit den Wasserweg zu benützen sowohl bei der Holzeinfuhr Deutschlands als bei dem Wettbewerbe Bayerns und Ostpreussens auf dem niederrheinischen Holzmarkte eine ausschlaggebende Rolle. Menschlichem Ermessen nach wird für den Transport auf grosse Entfernungen der Wasserweg immer vor der Eisenbahn den Vorrang haben, aber im Walde — als forstliche Bringungsmethode — verschwindet die Flösserei in allen ihren Formen immer mehr, das „reissige Geschlecht der Flösserknechte“ ist schon in vielen Teilen Deutschlands ausgestorben und in andern wird die Holzbringung zu Wasser in absehbarer Zeit ihr Ende gefunden haben. Die Ursachen dieses Vorganges sind mannigfaltiger Natur: das Steigen des Holzwertes liess die beim Wassertransporte unvermeidlichen Verluste und Beschädigungen wichtiger erscheinen als die Ersparnis an Transportkosten, und erlaubte auch grössere Kapitalaufwendungen für Wegbauten; das Eindringen der Industrie in die Waldtäler, die Ausnutzung der Bäche für landwirtschaftliche Zwecke rief Anlagen ins Dasein, die dem Betriebe der Flösserei hinderlich waren und durch ihn gefährdet wurden, die Ersatzansprüche ihrer Besitzer für eingetretenen Schaden verteuerten den Wassertransport, die so geschaffenen Werte verlangten einen energischen Schutz gegen Hochwassersgefahren, der aufblühende Holzhandel forderte nach der modernen Losung „Zeit ist Geld“ eine rasche Lieferung der erkauften Ware in bestimmten Fristen. So wurde die Holzbringung zu Wasser — abgesehen von dem Transport auf schiffbaren Flüssen und Kanälen — immer mehr in die Alpenländer und in das Innere wenig besiedelter Waldgebirge zurückgedrängt, um auch dort immer mehr moderneren Förderungsarten zu weichen. Dementsprechend kann hier — zumal bei dem knappbemessenen Raume eines Handbuches — nicht eine eingehende Schilderung sondern nur mehr eine Uebersicht der Formen des Wassertransportes gegeben werden.

*§ 56. Die Arten der Flösserei. Je nachdem ob die Holzstücke getrennt dem Wasser übergeben oder ob sie vorher zu kleineren oder grösseren Körpern verbunden werden, unterscheiden wir die Wildflösserei oder Trift und die gebundene Flösserei.

Die Trift ist die primitivste Form des Holztransportes, sie erfordert wenig Arbeit und meist auch nur wenig Kapital, sie ermöglicht die Bringung grösserer Holzmassen in kurzer Zeit. Aber ihre Anwendung ist beschränkt auf Brennholz und kurze Sägklötze bis höchstens 5 m, längeres Holz bleibt gar zu leicht stecken, ja in engen viel gekrümmten Wasserläufen können überhaupt nur 1—2 m lange Stücke getriftet werden. Damit ist das wertvollste Nutzholz von der Beförderung ausgeschlossen, und wo sonst keine Bringungsanstalten bestehen, drückt dieser Umstand die Nutzholzausbeute wesentlich herab. Sodann geht bei der Trift viel Holz verloren (Senkholz), das nur zum Teile bei der Nachtrift wieder gefunden wird. Es beträgt dieser Verlust nach Förster durchschnittlich 1—5 %, steigt aber bis zu 30 %. Auch die Qualität des Holzes leidet not, die Brennkraft wird geringer, das Nutzholz zersplittert vielfach oder reisst auf. — Papierholz darf nicht getriftet werden, weil zu leicht kleine Steinchen in das Holz hineingepresst werden, welche dann die Zerkleinerungsmaschinen beschädigen. — Führt der Triftbach durch Wiesen oder kultiviertes Gelände, so sind Flurbeschädigungen nicht zu vermeiden, deren Vergütung den Betrieb verteuert. Am bedenklichsten wohl ist der Schaden, den die getrifteten Hölzer an den Ufern und der Sohle des Wasserlaufes anrichten, indem sie diese untergraben und aufwühlen, sodass dann die Hochwasser viel gefährlicher werden als in geschonten Wasserläufen. Nicht übersehen darf man weiter, dass in vielen Bächen der regelmässige Wasserstand nicht ausreicht, um die Hölzer zu tragen, dass also entweder nur bei Hochwasser geliefert werden kann, der Betrieb daher sehr vom Wetter abhängig ist, oder die Wassermenge künstlich vermehrt werden muss, wodurch erhebliche Auslagen erforderlich werden, sowie dass zur Unzeit eintretende Hochwasser den Verlust der unterwegs befindlichen Hölzer verursachen können. Grössere Flüsse können zur Trift nicht benutzt werden, weil die Möglichkeit die getrifteten Hölzer zu leiten aufhört, wenn der Strom zu breit wird. Die gebundene Flösserei bedarf keiner grösseren Wassertiefe als die Trift, obwohl bei ihr auch Langhölzer befördert werden, andererseits können die grössten Ströme mit Flössen befahren werden; die Uferbeschädigungen sind meist kleiner als bei der Trift, aber Wasserkraftanlagen und Brücken in viel höherem Grade gefährdet; die direkten Kosten sind grösser, zumal geschulte Arbeiter erforderlich sind, die Herrichtung des Flosses nimmt viel Zeit in Anspruch, sodass die Ausnutzung günstiger Wasserstände schwerer fällt. Das Holz selbst leidet bei der gebundenen Flösserei in kleinen Bächen durch Schleifen an den Steinen der Bachsohle und durch Auffahren auf Felsen, in tiefen Flüssen durch die für die Verbindung unentbehrliche Zurichtungsweise und das lange Liegen im Wasser.

*§ 56. Die Triftstrasse. Natürliche Wasserläufe auf denen getriftet werden soll, müssen mindestens ½ m breiter sein, als die grössten Holzstücke lang sind, sonst wäre bei jeder kleinen Krümmung ein Steckenbleiben des Holzes zu befürchten. Breiten von 10 m und mehr zwingen die Arbeiter beim Losmachen festgefahrener Hölzer in das Wasser hineinzusteigen und erschweren so den Betrieb. Künstlich angelegte Triftstrassen mit durchaus glatten Wänden und gestrecktem Zuge brauchen nicht einmal so breit zu sein als das Holz lang ist. Das günstigste Gefälle liegt zwischen 1 und 2 %, je wasserreicher der Bach ist um so niedriger kann das Gefälle sein, eine Wassertiefe von 0,6—1 m reicht unter allen Umständen für die Trift von Brennholz und Nadelholzklötzen. Die Ufer des Triftbaches sollen geschlossen sein, Unterwaschungen vermehren den Verlust durch Senkholz und bieten dem Wasser Angriffspunkte, von denen aus leicht umfangreiche Ufereinbrüche bewirkt werden können. Je glätter und fester die Bachsohle ist, um so besser vollzieht sich die Trift, Geschiebemengen und Sandbänke dagegen verursachen leicht Stockungen, ebenso Inseln, grosse Felsen und

ähnliche Hindernisse.

Nur selten ist ein natürlicher Wasserlauf durchweg in solchem Zustande, dass er zur Trift benutzt werden kann, meist müssen die Ufer an einzelnen Stellen befestigt, scharfe Windungen korrigiert, Felsblöcke und Geschiebeansammlungen beseitigt werden. Bei diesen Räumungsarbeiten ist jeder Eingriff zu vermeiden, der die Festigkeit der Sohle oder Ufer vermindern könnte. Längs des Triftbaches ist ein Weg anzulegen von dem aus die Arbeiter das Leiten der schwimmenden, das Losmachen der festgefahrenen Hölzer, die Nachtrift und sonstige Geschäfte besorgen können, ohne gezwungen zu sein, Wiesen oder bebautes Land zu betreten.

Künstliche Triftkanäle werden erforderlich in der Ebene, wo die natürlichen Wasserläufe in vielen Windungen mit geringem Gefälle dahinziehen, im Gebirge, wenn es sich darum handelt, das Holz aus einem Talgebiet ins andere zu bringen oder unpassierbare Stellen des Bachbettes zu umgehen. Sie werden wie Wasserkraftkanäle aber mit fester Sohlen- und Uferverschalung erstellt.

*§ 57. Vorkehrungen zur Vermehrung der Triftwasser. Die meisten Triftbäche führen während des grössten Teiles des Jahres nicht genug Wasser, um den Betrieb zu erlauben. Die Beschränkung der Trift — und ebenso der gebundenen Flösserei — auf die Hochwasserzeiten ist aber i. d. R. unzulässig, es erwächst also die Aufgabe für eine Hebung des Wasserstandes zu sorgen. Die Zuleitung anderer Bäche ist manchmal aber doch nur in seltenen Fällen möglich, meist handelt es sich darum, den Abfluss der vorhandenen Wassermenge in entsprechender Weise zu regeln. Hierzu dienen Wehre und Klausen.

Die Wehre sind Erhöhungen der Bachsohle, die den Wasserlauf durchqueren, das Wasser aufstauen d. h. seinen Abfluss verlangsamen und so unter Verminderung des Gefälles den Wasserstand dauernd erhöhen. Die Stauhöhe darf bei diesen Bauten höchstens 2 m betragen, es werden daher in einem Triftbache meist eine ganze Reihe von Wehren erforderlich, die in solchen Abständen zu errichten sind, dass der Rückstau des unteren Wehres jeweils genügt, um bis zum nächst oberen eine genügende Wassertiefe zu schaffen. Die Krone des Wehres soll möglichst horizontal liegen, und senkrecht zur Bachrichtung stehen, liegt sie unter dem Niedrigwasserstand, so haben wir ein Grundwehr, liegt sie zwischen Mittel- und Hochwasserhöhe ein Ueberfallswehr. Die einfachsten Wehre bestehen aus Bohlenwänden, welche von 2 Reihen Pfählen, die in die Bachsohle eingetrieben sind, in senkrechter Stellung gehalten werden. Sie müssen in die Bachsohle und die Ufer so tief eingegraben sein, dass eine Hinterspülung oder Unterwaschung ausgeschlossen ist. Für die grösseren Stauhöhen und in stärkeren Wasserläufen werden Fachwerkbauten aus Bohlen und Balken, besser noch Kastenbauten erstellt, deren Hohlräume dann mit Letten, Ton oder Steinen ausgefüllt werden oder man errichtet kleine Steindämme. Besondere Vorsicht erheischt die Anlage des Sturzbettes, das entweder mit grossen Steinen abgepflastert oder durch Bohlenbelag geschützt wird, falls man nicht an Stelle des Steilabsturzes eine flache aus Steinen hergestellte Böschung treten lassen will. Die ständigen Wehre geben leicht zur Versandung bezw. Auffüllung mit Geschiebe des hinter ihnen gelegenen Teiles des Bachbettes Anlass, die soweit gehen kann, dass die Wassertiefe nicht mehr ausreicht, sie bereiten überdies dem Durchgang gebundener Flösse Schwierigkeiten. Aus diesen Gründen hat man sie vielfach mit Schleusvorrichtungen versehen, zu Schleusenwehren ausgebaut, sodass man den Wasserstand leicht regeln kann. Die Breite der Schleusse muss sich natürlich nach derjenigen der Flösse richten, welche sie passieren sollen.

Die Keuter oder temporären Wehre sind Bauten, die jeweils für die einzelne Trift errichtet werden, indem man einen Grundbalken quer über die Bachsohle legt, und über ihm mit Faschinen, die durch Pfähle und Stangen festgehalten werden, einen Damm errichtet,

der mit Erde und Moos gedichtet wird. Man spannt so das Wasser bis auf die Höhe von 1 m, und lässt es dann durch Einreissen des Wehres auf einmal abströmen, damit es die vor dem Keuter gelagerten Hölzer mit forttrage.

B. Klausen (Schwallungen) sind Schleusenwehre, die zur Aufspeicherung grosser Wassermengen dienen sollen, damit man mit diesen die Triftstrasse nach Bedarf bewässern könne. Die Anlage einer Klause soll tunlichst hoch oben im Tale geschehen, damit ein recht langes Stück des Bachlaufes von ihr gespeist werden kann, reicht ihr Wasser nicht aus, um das Holz bis in die immer flossbaren Gewässer oder seinen Bestimmungsort zu bringen, so werden weiter unterhalb Nebenklausen angelegt. Andererseits muss aber das Einzugsgebiet der Klause noch gross genug sein, um eine rasche Füllung derselben zu ermöglichen. Zur Baustelle wählt man, wenn irgend möglich, eine Verengung des Tales, so dass die Schleusenfront nicht zu breit wird und an die Felsen der Talwände angelehnt werden kann, während die dahinter liegende Talerweiterung das Staubecken bildet. Günstig ist es, wenn der Talboden hier nur mit mässigem Gefälle ansteigt aber steile Wände hat, weil dann schon mit mässig hohen Dämmen eine grosse Wassermenge aufgestaut werden kann. (Sehr gut lassen sich vorhandene Seen benutzen.) Weiter ist ein solider Baugrund notwendig, damit das Wasser nicht unter oder neben dem Schwellwerk durchbrechen kann. Die Klause selbst kann hergestellt werden aus Erde, aus Holz, aus Stein und den Kombinationen dieser Stoffe. Die Erdklausen sind Dämme, welche einen Kern von wasserundurchlässigem Material haben, der bis auf den festen Untergrund reichen muss, nach aussen dann mit gewöhnlicher Erde, mit Rasen oder Steinen abgedeckt sein kann. Für die Holzklausen gibt es eine grosse Zahl z. T. sehr verschiedener Konstruktionen, am meisten dürften sich Spundwände aus starken Bohlen und Pfosten und der Kastenbau mit Steinfüllung bewähren. Die Errichtung von Steinklausen aus soliden Quadern ist sehr kostspielig, Gayer empfiehlt, die im bayrischen Walde übliche Kombination einer in Zement aufgeführten Bruchsteinmauer mit einem starken Erddamm nach der Talseite, während die dem Wasser zugekehrte Seite aus Quadern aufgeführt ist. Je höher die Klause und je grösser die von ihr zurückgehaltene Wassermenge ist, um so stärker muss der Damm sein.

Die Klause muss versehen sein mit einem Durchlass für das zur Flössung bestimmte Wasser (Haupt- oder Hochwasser), ferner mit einem Ueberfall für den Ablauf derjenigen Wassermengen, welche noch zufliessen, nachdem das Staubecken gefüllt ist. Liegt der Hauptdurchlass nicht in der Bachsohlenhöhe, so findet sich hier noch ein weiterer Durchlass, der dazu dient, die Klause behufs Reinigung von Schlamm und Geschiebe ganz zu entleeren. Zum Verschluss des Hauptdurchlasses dienen Schlagtore, welche nach Oeffnung des Verschlusses sich unter dem Druck der Wassermasse von selbst nach aussen öffnen; Hebetore, welche mit Hebeln, Ketten, Zahnradgetrieben und ähnlichen Mitteln in die Höhe gehoben werden und so eine Regulierung des Abflusses ermöglichen, ferner sind angewendet Zapfenverschlüsse und in primitiven Klausen der stehende oder liegende Versatz.

Der stehende Versatz wird hergestellt aus starken Halbrundlingen, die senkrecht in den Boden des Durchlasses eingetrieben werden. Eine Grundschwelle und ein horizontaler Schlussbalken oben, an die sie vom Wasser angepresst werden, geben ihnen genügenden Halt, die Fugen werden mit Moos und Lehm gedichtet und vor der Grundschwelle ein kleiner Damm aus Letten errichtet. Am oberen Ende trägt jeder der Versatzposten einen Ring, an dem, falls die Klause geöffnet werden soll, der Arbeiter zieht; sobald der Pfosten gelockert ist, wirft der Druck des Wassers ihn heraus. Beim liegenden Versatz sind die Versatzstücke vierkantig zugerichtet und horizontal über einander gelegt, mit den Enden greifen sie in Fugen der Klausenwand ein. Bei der Oeffnung des Durchlasses werden sie mit Hacken herausgezogen oder durch eingetriebene Schlagpfähle soweit gelockert, dass das Wasser sie vollends auslöst.

Das Sturzbett muss natürlich auch bei den Klausen mit besonderer Sorgfalt hergerichtet werden, vielfach legt man eine besondere Abflussrinne (Schusstenne, Fuder) an, damit das Wasser erst in einiger Entfernung von der Klause das natürliche Bachbett erreiche. Aehnliche Vorkehrungen sind beim Ueberfall anzubringen.

Führt der Bach, welcher die Klause füllt, viel Geschiebe mit sich, so muss oberhalb seiner Einmündung in das Staubecken eine Talsperre angelegt werden, die das Geschiebe abfängt.

Flossteiche (Wooge, Schwemmteiche) sind seitlich der Triftstrasse angelegte Teiche, deren Wasser durch einen Kanal der Triftstrasse zugeführt werden kann.

*§ 58. Abweis- und Fangvorrichtungen. Zweigen von der Triftstrasse industrielle oder landwirtschaftliche Kanäle ab, teilt sich der Wasserlauf oder bildet er tote Buchten, so müssen Vorkehrungen getroffen werden, damit nicht ein Teil der Hölzer den falschen Weg nimmt. Bei seichtem Wasser genügt es, einen Streichversatz vor die Oeffnung des zu schliessenden Bacharmes etc. zu legen. Derselbe besteht aus einem oder mehreren untereinander verbundenen Fichtenstämmen, die durch eine Wiede oder Kette oberhalb der Abzweigungsstelle am Ufer festgemacht werden, sich dann vor die Oeffnung legen und in dieser Lage durch Streben festgehalten werden. Ist das Wasser tiefer, so muss an Stelle des Versatzes ein Abweisrechen treten, denn jener kann nur die obenaufschwimmende Stücke nicht auch die Senkhölzer aufhalten.

Der gewöhnliche feststehende Rechen, wie er sowohl als Abweis-, auch als Fangmittel benutzt wird, besteht aus den Pfeilern den darüber gelegten Streckbäumen und den an diesen befestigten Spindeln. Die Pfeiler werden am besten aus Stein erstellt, die im Wasser stehenden erhalten einen elliptischen Querschnitt (die Längsaxe in der Stromrichtung), um dem Wasser möglichst wenig Druckfläche zu bieten. Die Streckbäume sind starke Balken, entweder ein einzelner, der zur Aufnahme der Spindeln durchbohrt ist, oder eine Verbindung von 2 Aussenbalken mit einer Reihe kürzerer dazwischen liegender Balkenstücke, zwischen denen dann die Oeffnungen für die Spindeln ausgespart sind. Diese — auch Rechenzähne, Sperrhölzer genannt — sind starke Rundhölzer, sie stehen bald aufrecht (senkrechte Verspindelung) bald in einem Winkel von 30—60° gegen die Stromrichtung (schiefe Verspindelung). Die schiefe Verspindelung wird bei stärkeren Wasserläufen bevorzugt. Der Abstand der Spindeln richtet sich nach der Stärke des getrifteten Holzes. Vor dieselben legt man zum Schutze gegen die anschwimmenden Stücke einen Fichtenstamm, den Schwimmer.

Da die Fangrechen einem starken Drucke Widerstand leisten müssen, es häuft sich vor ihnen die ganze getriftete Holzmasse auf, ist es sehr vorteilhaft, die Anlage mit einer Stauvorrichtung zu verbinden, um die Bewegung der Hölzer zu verlangsamen, oder einen besonderen Ländungskanal anzulegen. Dieser zweigt von dem Wasserlauf ab, führt durch den Holzhof, auf welchem das Holz ausgeschlagen werden soll und mündet dann weiter unten wieder in den Triftbach. An dem Punkte, wo er den Holzhof verlässt, steht ein Schleusenwehr und davor der Fangrechen, an der oberen Abzweigungsstelle eine Schleuse, die es ermöglicht den Wasserzufluss zu regulieren, ja den Kanal nachdem alles Holz eingelaufen, ganz trocken zu legen. In dem Hauptwasserlauf muss schief zur Stromrichtung ein Abweisrechen gebaut werden, der die Hölzer in den Ländungskanal weist.

Es gibt eine ganze Reihe weiterer Rechenkonstruktionen, von denen hier erwähnt seien: 1. Die Bockrechen. Diese bestehen aus einer Anzahl 3beiniger Holzböcke, die in einer oder zwei Reihen quer zur Stromrichtung so im Triftbette aufgestellt werden, dass die Füsse der benachbarten Böcke übereinandergreifen. Die Böcke müssen dann noch durch Aufbringen von schweren Balken, Steinen etc. belastet werden, damit sie nicht vom Wasserdruck umgeworfen werden. Meist dienen die Bockfüsse selbst als Rechenzähne,

an einzelnen Orten hat man aber auch die Böcke nur als Träger der Streckbäume verwendet. 2. Die Korbrechen. Hier treten an Stelle der Pfeiler grosse aus Schwarten und Weidenruten geflochtene Körbe, welche in den Bach gestellt und dann mit Steinen gefüllt werden. Auf ihnen werden dann die Streckbäume befestigt.

*§ 59. Der Triftbetrieb. Die Hölzer, welche getriftet werden sollen, müssen möglichst gut ausgetrocknet sein, damit sie gut schwimmen, sonst ist der Anfall an Senkholz zu erheblich. In der Regel findet die Fällung im Vorsommer statt, dann bleibt das Holz luftig gelagert über den Sommer im Schlage sitzen, wird im Winter auf der Schneebahn an die Triftstrasse herangebracht und hier in Rauhbeugen aufgeschichtet. Die Enden der Sägklötze werden etwas abgerundet, um die Zersplitterung zu verhüten, das Brennholz je nach der verfügbaren Wassermenge als Rundling belassen oder aufgespalten. Die Rauhbeugen werden hart an den Rand des Triftbaches gesetzt und so aufgeschichtet, dass sie leicht in das Wasser gestürzt werden können.

Die beste Zeit zum Triften ist i. d. R. das Frühjahr, auf Triftstrassen mit Klausen und anderen Bewässerungsanlagen kann aber während des Sommers und Herbstes auch getriftet werden. Zu Beginn der Triftperiode findet eine Begehung der Triftstrasse statt, um deren Zustand festzustellen, kleine Hindernisse zu beseitigen, die Rechen zu prüfen und auszubessern.

Wo ohne Wasserzufuhr getriftet werden muss, erfolgt das Einwerfen an den entlegensten Orten beginnend und gegen den Bestimmungsort fortschreitend, sobald die Wassermenge gross genug ist. Bei der Benutzung von Klausen lässt man erst ein Vorwasser vorbeiströmen, und hört mit dem Einwerfen auch wieder auf, ehe die Klause ganz erschöpft ist, damit die schwereren und rauheren Stücke, die sich im Schwanze vereinigen, noch genügendes Nachwasser erhalten. Dem Zuge des dahintreibenden Holzes folgen die mit langen Flosshacken ausgerüsteten Triftknechte, um Stücke, die stranden oder sich festsetzen, loszumachen. Besonders am Kopfe der Trift müssen die aufgefahrenen Hölzer rasch wieder befreit werden, weil sonst eine allgemeine Stockung — ein Verleer — entstehen kann. An schwierigen Stellen werden von vornherein Arbeiter aufgestellt, damit sofort Hilfe gebracht werden kann.

Auf tieferen Bächen und kleinen Flüssen kann das Holz fast ganz sich überlassen bleiben, da hier die Strömung zum Transporte ausreicht. Sind Seeen zu übertriften, so fängt man die Hölzer bei der Einmündung des Triftbaches mit einer aus leichten Stämmen gebildeten Schwimmkette auf, vereinigt, nachdem die ganze Holzmasse eingetroffen ist, die Enden der Kette mit einander, und führt dann die so gebildete Schere bei ruhigem Wetter über den See.

Ist die Trift beendet, das Holz an der Ländestelle ausgeschlagen, so beginnt die Nachtrift, d. h. es werden die gestrandeten und festgefahrenen Hölzer, welche nicht sofort losgemacht werden konnten, gesammelt und mit neuem Klaus- oder natürlichem Hochwasser weiter getriftet. Diejenigen Stücke aber, welche untergesunken waren (Senkholz) werden am Ufer aufgesetzt und müssen dann zu Lande weiter transportiert werden. Am Schlusse der Triftperiode findet wieder eine Besichtigung der Triftstrasse statt, um die entstandenen Beschädigungen festzustellen, grössere Ausbesserungen einzuleiten.

*§ 60. Die Flossstrasse. Wenn auch heute die Flösserei in Deutschland fast ausschliesslich auf den Unterlauf und den mittleren Teil der Flüsse und Ströme beschränkt ist, so genügt doch schon eine Wassertiefe von 0,5—0,7 m, um selbst schwere Langhölzer zu verflössen. Ja die Langholzflösserei kann sogar auf Wildbächen getrieben werden, wenn nur durch Klausen und Wehre diese Wassertiefe geschaffen werden kann. Die Breite eines Flossbaches soll mindestens so gross sein, als die der vorderen Gestöre, in der zweiten Hälfte des Flosses können die äusseren Stämme

sogar auf dem Ufer schleifen, wenn sie nur dort keine Beschädigungen verursachen. Dagegen darf der Bach keine engen Windungen machen, sonst werden Durchstiche erforderlich. Geschiebeansammlungen und einzelne im Bachbett liegende Felsen werden beseitigt, kleine Abstürze können mit hölzernen Gleitbahnen überdeckt und so vom Flosse überschritten werden, grössere Fälle umgeht man mittelst Kanälen.

Das wichtigste Erfordernis ist eine gute Einbindstelle. Das Ufer soll hier flach ansteigen, um das Wenden und Schleppen der einzelnen Stämme zu erleichtern, und doch soll in der Bachmitte eine Tiefe von 60 cm vorhanden oder die Möglichkeit, das Wasser auf diese Höhe zu stauen, gegeben sein. Die Einbindestelle muss ferner geräumig sein und das Ufer soll Gelegenheit zum Lagern und Sortieren der Hölzer bieten.

*§ 61. **Die Langholzflösserei auf kleinen Flüssen. Gestörflösserei.** Zur Herstellung eines Flosses werden die Stämme partienweise zu Gestören (Boden, Gestricken) verbunden und diese wieder zum Floss vereinigt. Bezeichnet wird diese Arbeit als Binden, Einbinden oder Einspannen. Auf den kleineren Gewässern ist zumeist das Binden mit der verbohrten Wiede üblich, wobei die Stammenden durchbohrt werden, indem man zunächst von oben und von beiden Seiten her mit dem Lochbeil dreikantige Einhiebe macht und dann die Wand zwischen je zwei benachbarten Löchern mit dem Flossbohrer vollends durchbricht. Die so vorgerichteten Stämme werden dann ins Wasser gebracht und nun mit Wieden aus gebähten gedrehten Fichtenästen oder Haselruten mit einander verbunden. In ein Gestör nimmt man gleich lange und möglichst gleich starke Stämme, deren Zahl sich nach der Breite der Durchlässe an den Wehren der Flossstrasse richtet. Die Gestöre werden dann untereinander ebenfalls wieder mit Wieden (Gurtwieden) verbunden. Die hinteren Stammenden des letzten Gestöres sind frei, so dass sie sich fächerartig ausbreiten können, wodurch sie bremsend zu wirken vermögen. Man nennt diese Vorrichtung den Wedel. Die vorderen Gestöre werden aus den schwächsten Stämmen angefertigt; nach hinten nimmt die Stammstärke und damit die Gestörbreite immer mehr zu. — Im Schwarzwald enthält das erste Gestör nur 4 Stämme, deren vordere Enden auf der Vorschaufel, einem zugespitzten, nach oben aufgebogenen Bohlenstücke befestigt sind. Nach hinten nimmt dann die Stammzahl allmählich zu. — Bei der Bindung mit der verbohrten Wiede hat jeder Stamm in horizontaler wie vertikaler Richtung etwas Spielraum, das ganze Gefüge ist daher ein gelenkiges und vermag sich den Unebenheiten der Flossstrasse anzupassen, aber freilich verlieren die Stammenden (Flossköpfe) fast allen Wert. Für ruhige Gewässer bietet daher die Bindung mit der Zengelstange Vorteil, weil hier die Stämme nur in einer Richtung an jedem Ende zweimal durchbohrt werden müssen. Durch diese Löcher und über die zwischen ihren oberen Mündungen liegende Zengelstange wird eine Wiede straff angezogen und dann mit Holzpflöcken in dieser Lage festgehalten. Statt der Bindung mit Wieden nagelt man vielfach die Zengelstange einfach auf die Stämme. In reissenden Gebirgswässern wird die Zengelstange des besseren Haltes wegen in kleine Einschnitte auf der Stammoberseite versenkt. Diese Verbindung ist sehr solid, die kleinen Löcher können mit Holzzapfen ausgefüllt werden, beeinträchtigen daher die Verwendung des Holzes nur wenig, aber die Gestöre werden ein starres Gebilde. Die Verbindung derselben zu Flössen erfolgt auch hier durch Wieden.

Wenn Eichenholz geflösst werden soll, so muss es mit leichtem Nadelholz in ein Gestör verbaut werden, damit dieses es tragen helfe. Die Verbindung geschieht auch hier mit der Zengelstange. An Stelle des Nadelholzes verwendet man in der Moselgegend leere Fässer.

Für die Leitung der Flösse bedarf es hauptsächlich Vorrichtungen, mittelst deren

der Lauf verlangsamt werden kann. Neben dem Wedel dienen hiezu angehängte Schleppäste und in wirksamster Weise Sperren, die auf einem oder mehreren der letzten Gestöre vor dem Wedel angebracht sind. Um eine Sperre zu bilden, bindet man in der Mitte des Sperrgestöres — das übrigens nicht breiter sein darf, als die Flossstrasse — 2 kürzere Stämme ein, so dass eine Oeffnung bleibt. Vor derselben und etwa 3/4 m weiter hinten legt man quer über das Floss je einen Balken — die Sperrriegel — und steckt dann einen starken Stamm durch die Oeffnung zwischen beiden Sperrriegeln schräg nach hinten, so dass er auf dem Boden schleift, oben aber von den Riegeln festgehalten wird. Soll die Bremswirkung aufhören, so muss der hintere Sperrriegel beseitigt werden. Je länger das Floss — es gibt solche mit 70 Gestören — um so mehr Sperren müssen angebracht werden.

Das fertige Floss wird mit Seilen am Ufer verankert. In Gebirgsbächen, auf denen nur mit „gefangenen“ Wassern geflösst werden kann, muss man die Hochflut, welche nach Oeffnung der Klausen daherbraust, eine halbe Stunde Vorsprung gewinnen lassen, ehe das Floss abfahren kann. Denn das Floss fährt hier rascher, als das Wasser läuft, würde also ohne Beachtung dieser Vorsichtsmassregel das Vorwasser bald überholen und dann beim Auffahren zerschellen. Mit einem Hochwasser bringt man ein Floss 1—2 Stunden weit, dann muss wieder aus den Klausen neues Wasser zugeführt werden, und dieser Vorgang wiederholt sich, bis das Floss in tiefes, stets flossbares Gewässer eingelaufen ist.

Die Bemannung besetzt bei der Fahrt im Gebirgsbach die vorderen Gestöre und wieder die hintersten, jene um das Floss zu leiten, diese um die Sperren zu bedienen. Auf dem stets flossbaren Flusse genügt die Leitung mit Flosshacken und Schaltbäumen.

*§ 62. Die Langholzflösserei auf grossen Strömen (Hauptflösserei.) Auf den grossen relativ langsam dahinfliessenden Strömen baut man 50 m breite bis 200 m lange Flösse, indem man die Verbindung der Stämme durch Zengelstangen bewirkt. Die Leitung geschieht mit Hilfe von Rudern, in neuerer Zeit werden auf dem Rheine die Flösse auch mit Dampfern geschleppt. Diese grossen Flösse dienen gleichzeitig als Transportmittel, indem Brennhölzer, Kleinnutzhölzer, Bretter und andere Waren, welche eine langsame Beförderung ertragen, als Oblast darauf geladen werden.

*§ 63. Die Schnittwarenflössung. Die Flössung von Brettern, Bohlen und Laden wird in Deutschland immer seltener, weil diese Waren dabei viel an Wert verlieren. Die Anfertigung der Gestöre erfolgt dabei immer auf dem festen Land, auf Streichrippen, d. h. schräg liegenden Stämmen, über die die fertigen Gestöre sodann in das Wasser geschoben werden. Die Bindung kann geschehen: mit Riechpfaden, mit der verkeilten Zengelstange und durch Aufschalten.

Bei der Bindung mit Riechpfaden werden die (gleichlangen) Bretter zu etwa 12 Stück so auf einander gelegt, dass das unterste am einen Ende ca. 40 cm vorsteht und nun an jedem Ende mit einer Wiede gebunden. In ein Gestör nimmt man 6—8 Bünde, legt sie auf zwei Zengelstangen und lässt je das äussere Gebund nach der einen Seite ebenfalls um 40 cm hervorragen. Sodann legt man auch oben auf die Bünde 2 Zengelstangen und verbindet die obere und untere Zengelstange eines jeden Endes sowohl aussen als zwischen den Gebunden mit Wieden. Die Gestöre werden nun in das Wasser gebracht und so aneinandergereiht, dass die vorspringenden Bretter und Bünde des einen Gestöres in die entsprechenden Lücken des nächsten greifen. Um nun das ganze Floss zu verbinden, legt man lange, über mehrere Bunde reichende Fichtenstangen (Riechpfade) um dasselbe herum und befestigt diese unter sich und an den oberen Zengelstangen mit Wieden.

Unter Anwendung der verkeilten Zengelstange baut man das Gestör aus Bünden, deren Bretter alle gleich liegen und lässt dabei die Wieden benachbarter Gebünde in einander greifen. So entsteht schon ein loser Zusammenhang unter den Gebünden, den man nun verstärkt, indem man oben auf das Gestör hart an die Wieden eine Zengelstange

legt und nun die Wieden scharf anspannt, indem man zwischen jede Wiede und die Zengelstange einen Keil eintreibt, der diese an die Bünde anpresst.

Bei der Aufschaltung legt man die Bünde in der Längsrichtung des Flosses, so aufeinander, dass das nächste mit seinem ersten Drittel immer auf dem vorgehenden liegt. Die Wieden umspannen daher — mit Ausnahme der ersten und letzten Reihe in einem Flosse — immer die Bretter zweier Bünde, greifen aber auch wieder wie oben in einander. Die weitere Befestigung erfolgt ebenfalls durch Zengelstange und Keil.

Der Transport von Holz auf Schiffen, besonders von façonierter Ware, hat zwar heute einen grossen Umfang und eine erhebliche Bedeutung, bietet aber keine Eigenheiten, weshalb auf seine Schilderung verzichtet werden kann.

XII.

Die Wildbach- und Lawinenverbauung.

Von

Ferdinand Wang.

---

§ 1. Einleitung. Die ausserordentlichen Hochwasserverheerungen, welche in den letzten Dezennien in rascher Folge das europäische Festland heimgesucht haben, lenkten die Aufmerksamkeit auf eine im allgemeinen früher nur wenig geübte kulturelle Tätigkeit, die Verbauung der Wildbäche.

Gerade diese letzten Dezennien brachten auf dem in Rede stehenden Gebiete einen ausserordentlichen Umschwung hervor, führten zur Entwicklung der Theorie und Technik der Verbauung und erwiesen durch die gemachten reichen Erfahrungen ihre Notwendigkeit und Zweckmässigkeit.

Die zunehmenden Lawinenschäden erfordern ein energisches Vorgehen auch auf diesem Gebiete, welches sich denn auch einer steten technischen Entwicklung erfreut.

Wenn Natur und Technik der beiden genannten kulturellen Massnahmen in dem vorliegenden Handbuche in Kürze erörtert werden sollen, so geschieht dies aus dem Grunde, weil mit der Durchführung derselben in einzelnen Staaten, so insbesondere in Oesterreich und Frankreich, der Forstmann betraut ist, weil derselbe aber auch allenthalben in die Lage versetzt werden kann, wenigstens kleine Uebel rasch, billig und wirksam zu heilen und hiemit grossen Katastrophen in manchmal ganz unberechenbarer Weise vorzubeugen.

Er soll deshalb zum mindesten im allgemeinen über die einschlägigen Verhältnisse unterrichtet sein, welchem Zwecke denn auch die folgenden, durch den vorgeschriebenen Raum in enge Grenzen gezogenen Ausführungen dienen sollen.

Dieselben bilden übrigens einen kurzen Auszug des bei S. Hirzel in Leipzig in den Jahren 1902 und 1903 erschienenen Werkes des Verfassers: „Grundriss der Wildbachverbauung" I. und II. Teil.

A. Die Wildbachverbauung.

§ 2. 1. Charakteristik und Einteilung der Wildbäche. Aus naheliegenden Gründen ist es nicht leicht möglich, mit kurzen Worten eine allgemein geltende, sich allen Verhältnissen anschmiegende und erschöpfende Charakteristik der Wildbäche zum Ausdrucke zu bringen. Zeigen schon die Bäche der Alpen je nach den geognostischen, oro- und hydrographischen Verhältnissen oft wesentlich von einander verschiedene Charaktere auf, so muss selbstverständlich auch der Bach des Mittel-

gebirges, der Bach der Niederung, wenn zum Wildbach geworden, ganz besondere, unterscheidende Merkmale an sich tragen.

Trotz alledem drückt aber die Bezeichnung „Wildbach“ allen jenen Gewässern, welche man mit Recht in diese Kategorie einreiht, einen gewissen Stempel auf, der sie vielleicht allgemein am besten, wenn auch nicht erschöpfend, charakterisiert.

Ohne die speziellen Verhältnisse näher zu kennen, wird man sofort unter der Bezeichnung „Wildbach“ ein Gewässer vermuten, das nicht ununterbrochen, sondern nur bei gewissen Anlässen verhältnismässig rasch und mit ganz ausserordentlicher Vehemenz die Wässer talabwärts führt und sich in der Regel eben dann und hierdurch seiner Umgebung gefahrbringend zeigen muss. Dieses plötzliche oder doch sehr rasche Entfesseln ist es also, das so eigentlich dem Bache den Charakter des Wildbaches gibt und dem auch die meisten und grössten Verheerungen zugeschrieben werden müssen.

Bringt allein schon die plötzliche oder doch sehr rasche Zufuhr von grossen Wassermassen Unzukömmlichkeiten aller Art mit sich, wie furchtbar müssen diese letzteren erst werden, wenn dem entfesselten Elemente noch Schotter, Schutt, Gerölle u. s. w., wie dies zumeist der Fall ist, beigemengt sind! Abgesehen von vielen schädlichen Folgen, als Verklausungen, zahlreichen Ufereinbrüchen u. s. w., die eine solche Beimengung haben kann, muss auch die Ablagerung dieser letzteren besonders gefahrbringend sein.

Einer jeden, wenn man so sagen darf, krankhaften, raschen Entfesselung des Wildbaches muss auch verhältnismässig rasch wieder ein Zustand der Ruhe folgen, der dann zumeist als sehr teuer erkauft erscheint. Aus verschiedenen Gründen bricht sich oft schon während des Verlaufes der Katastrophe die Kraft der Wässer des Wildbaches, und gleichsam erschlaffend lässt letzterer die mitgeführte Last, ohne im Stande zu sein sie schadlos an andere Wässer abzugeben, unbekümmert um die Oertlichkeit sinken. Diese Ablagerung, Alluvion, macht nun aber die Wildbäche besonders beachtenswert und gehört zu ihren gefährlichsten Eigenschaften. Aus dem Vorstehenden kann der Schluss gezogen werden, dass einerseits rasche Entfesselung und Zufuhr von grossen Wasser- oder Geschiebemassen oder von beiden zugleich, dann andererseits in der Regel gefahrvolle Ablagerung der letzteren, als die wesentlichsten Charaktere der Wildbäche anzusehen sind.

Diese Eigenschaften weisen auch grössere, wildbachartige Flüsse in grösserem oder geringerem Masse auf [1]). Es darf aber nicht ausser acht gelassen werden, dass diese wildbachartigen Flüsse zumeist ihren Charakter dem Charakter jener Wildbäche verdanken, aus welchen sie sich zusammensetzen, und man muss sie umsomehr aus der Kategorie der eigentlichen Wildbäche ausscheiden, als sie sich von den letzteren in einer Richtung ganz wesentlich unterscheiden. Während die eigentlichen Wildbäche, mit verhältnismässig kurzem Laufe und steilem Gefälle, vorherrschend die Tendenz zeigen, ihre Sohle konstant zu vertiefen, sich also kolkend verhalten, zeigen die wildbachartigen Flüsse mit verhältnismässig längerem Laufe und geringerem Gefälle den Charakter des Flusses, d. h. sie erhöhen vorherrschend ihr Bett und verhalten sich entweder gar nicht, oder doch nur in geringem Masse auf kurzen Strecken kolkend.

Diese wildbachartigen Flüsse hat schon Fabre [2]) und auch Surell [3]) von den eigentlichen Wildbächen geschieden. Ersterer nennt sie torrents-rivières, letzterer rivières torrentielles zum Unterschiede von torrents. Die vorstehende allgemeine

1) Prof. Dr. Breitenlohner „Wie Murbrüche entstehen“, Wien 1883.
2) Fabre, „Essai sur la théorie des torrents et des rivières“. Paris 1797.
3) Alexander Surell, „Etude sur les torrents des Hautes-Alpes“; Paris 1842.

Charakteristik der Wildbäche erfährt eine wesentliche Ergänzung, wenn die von einigen Autoren durchgeführte Einteilung berücksichtigt wird.

Josef Duile[4]), der nur die Verhältnisse Tirols vor Augen hat, teilt die Wildbäche, wie folgt, ein:

1. in solche, welche ununterbrochen das ganze Jahr hindurch fliessen; sie werden entweder von immerwährend tätigen Quellen oder von Seen und Gletschern gespeist;
2. in solche, welche erst beim Eintreten der wärmeren Witterung auftreten und mit der kälteren Witterung zu versiegen beginnen; ihnen gibt die Wärme, welche den auf den Gebirgen angehäuften und zum Teile in Eis übergegangenen Schnee auflöst, ihr Entstehen; ihre Wassermasse steht daher immer im Verhältnisse mit dem stattgehabten Wärmegrade in den Sommermonaten und der den Winter hindurch gefallenen Masse des Schnees auf den Gebirgen;
3. in solche, die erst bei länger andauerndem, warmen Winde, ausserordentlich warmen Regen, bei Hagel oder Wolkenbrüchen entstehen.

So sehr nützlich die Wildbäche der zwei ersten Kategorien unter gewöhnlichen Verhältnissen dem Menschen durch fruchtbare Bewässerung der Fluren u. s. w. werden können, so schädlich müssen sie, in tosende Wildbäche umgewandelt, sich erweisen. Da die Ursachen des Entstehens der Wildbäche der dritten Ordnung zumeist nur in einzelnen Gegenden vorliegen, so sind die Verheerungen auch in den meisten Fällen nur partiell. Selbstverständlich werden aber durch diese Ursachen auch die Bäche der ersten zwei Ordnungen in verheerende Wildwässer verwandelt.

Von einem ganz anderen Gesichtspunkte geht Surell[3]) bei der Klassifikation aus. Je nach der Lage des Aufnahmsbeckens unterscheidet er:

1. Solche Wildbäche, die von einem Sattel ausgehen und in ein eigentliches Tal fliessen;
2. solche, die von einem Gebirgskamm ausgehen und in der Linie des stärksten Gefälles herabstürzen;
3. solche, deren Ursprung unterhalb des Gebirgskammes und auf den Abhängen selbst gelegen ist.

Demontzey[5]), der geniale Verfechter des Verbauungswesens in Frankreich, teilt die Wildbäche in zwei grosse Kategorien ein.

Die erste umfasst alle jene Wildbäche, deren Schuttmassen lediglich von der Unterwühlung der Gebirgshänge herrühren. Er nennt sie die unterwühlenden Wildbäche, torrents à affouillements. Zur zweiten Kategorie zählt Demontzey jene Wildbäche, die vorwiegend Verwitterungsprodukte führen, oder die von Gletschern gespeist werden. Die ersteren nennt er torrents à casses, die Wildbäche der Schutthalden; die letzteren torrents glaciaires, die Gletscherbäche.

Eine weitere Einteilung ist diejenige von Costa de Bastelica[6]) in einfache Wildbäche, torrents simples, mit nur einer Schlucht, und in zusammengesetzte Wildbäche, torrents composés, mit zwei oder mehreren Schluchten. Demontzey fügt diesen beiden Arten noch eine dritte, den sogenannten muschelförmigen Ausriss, la combe, bei.

Gestützt auf die Verhältnisse der österreichischen Monarchie hat Ministerialrat Johann Salzer[7]) die Wildbäche in zwei grosse Gruppen und zwar in die Wildbäche

---

4) Josef Duile „Ueber Verbauung der Wildbäche in Gebirgsländern"; Innsbruck 1826.

5) P. Demontzey, „Traité pratique du reboisement et du gazonnement des montagnes". Paris 1878. In deutscher Uebersetzung von Dr. A. Freiherrn von Seckendorff. Wien 1880.

6) Costa de Bastelica, „les torrents, leurs lois et leurs effets", Paris 1874.

7) Johann Salzer, „Ueber den Stand der Wildbachverbauungen in Oesterreich. Vortrag gehalten im österreichischen Forstkongresse". Wien 1886.

der Alpen- und in jene der Berg- und Hügelländer (Böhmen, Mähren, Schlesien, Galizien) eingeteilt. Die Wildbäche der ersten Gruppe werden von ihm in vorwiegend unterwühlende und in vorwiegend Verwitterungsprodukte führende eingeteilt. Zu den letzteren werden ausschliesslich die Wildbäche der Kalkalpen gerechnet.

Die Wildbäche des Berg- und Hügellandes mit vorwiegend mässigem Gefälle haben brüchige Stellen zumeist nur in den höheren Lagen, weisen im Unterlaufe vorherrschend Ufereinbrüche im Diluvium auf und zeichnen sich besonders durch Zufuhr von grossen Wassermassen aus. Von den Wildbächen der Alpen sind sie zudem noch in der Regel dadurch unterschieden, dass bei ihnen die Gebiete der Erosion und Alluvion nicht so scharf getrennt sind, wie bei jenen.

Noch sei bemerkt, dass Prof. A. Freiherr von Seckendorff[8]) die sogenannten „Giessbäche“ von den Wildbächen vollkommen trennt. Es sind dies seiner Ansicht nach Bäche, die meist über festes Gestein herabstürzen, häufig Wasserfälle bilden und selten ausser Wasser- noch Erd- und Schuttmassen mit sich führen. Nach Seckendorff kann ein „Giessbach“ niemals zum Wildbache werden. Diese Giessbäche sind übrigens nichts anderes als die sogenannten „ruisseaux“ Surell's, der die Gewässer ausser in die bereits namhaft gemachten rivières torrentielles und torrents noch in rivières, das sind Flüsse und in ruisseaux, das sind Bäche, unterteilt. Demontzey fügt allen diesen noch die Runse, den Wasserriss, ravin, hinzu.

Die vorstehend namhaft gemachte, allerdings nicht erschöpfende Einteilung der Wildbäche hat mehr oder minder ihre Berechtigung. Die Einteilungen nach Surell, Bastelica und selbst nach Duile sind von mehr untergeordneter Bedeutung, weil sie den Charakter des Baches nicht genug klarstellen, wenigstens nicht so klarstellen, dass nach ihnen auf die allenfalls nötigen oder ratsamen Gegenmassregeln geschlossen werden kann.

Es bilden diese Einteilungen überdies nichts Feststehendes und es kann ihre Anwendung häufig auf Schwierigkeiten stossen.

Einen wesentlich höheren Wert dagegen haben die Unterteilungen nach Demontzey und nach Ministerialrat Salzer. Sie geben wenigstens in grossen Zügen den Bachcharakter an und lassen auf die entsprechenden Gegenmassregeln schliessen.

Offenbar gebührt Demontzey das Verdienst, dass er der erste war, welcher die eigentliche Tätigkeit des Wildbaches als Grundlage für die Einteilung annahm. Dass er die sogenannten Gletscherbäche zu den vorwiegend Verwitterungsprodukte führenden Wildbächen zählt, ist nicht ganz gerechtfertigt, da Gletscherbäche sich auch vorwiegend durch Unterwühlung auszeichnen können und daher bei ihnen im allgemeinen das anzuwendende System der Verbauung zweifelhaft erscheint.

Einen grossen Vorzug hat die Einteilung nach Ministerialrat Salzer, weil sie auch die Wildbäche der Berg- und Hügelländer in's Auge fasst, was um so gerechtfertigter ist, als bei diesen in der Regel das System der Verbauung mehr oder weniger abweichend ist von jenen Systemen, die bei der Verbauung der Wildbäche des Hochgebirges in Anwendung zu kommen haben.

Wenn an dieser letzteren Einteilung festgehalten wird, so sollen doch bei den Wildbächen des Hochgebirges die geognostischen Verhältnisse ganz ausser Spiel gelassen werden, weil sich nicht allein die Wildbäche des Kalk-, sondern auch jene des krystallinischen oder des Schiefergebirges vorwiegend durch Führung von Verwitterungsprodukten auszeichnen können.

---

8) A. Freiherr von Seckendorff, „Verbauung der Wildbäche, Aufforstung und Berasung der Gebirgsgründe“, Wien 1884.

Die von Surell und Seckendorff getroffene Einteilung in Giessbäche und Wildbäche, ruisseaux und torrents, hat nur insoferne Berechtigung, als die ersteren aus gewissen Gründen in der Gegenwart den Charakter der letzteren vielleicht nicht haben. Die allgemeine Behauptung aber, dass Giessbäche niemals den Charakter der Wildbäche annehmen können, erscheint zum mindesten sehr gewagt, denn so mancher der heute wütenden Wildbäche war vielleicht vor nicht geraumer Zeit zu den Giessbächen zu zählen.

§ 3. 2. Einteilung des Bachverlaufes. Die Schilderung des Charakters der Wildbäche führt zur eingehenderen Beurteilung des Bachverlaufes.

Aus der Beschreibung der Tätigkeit des Wildbaches nach Duile[4]), ist zu entnehmen, dass er innerhalb des Niederschlaggebietes drei Sondergebiete unterscheidet, welche von ihm im weiteren Verlaufe seiner interessanten Schrift als „Sammelbecken", weiters als „Tobel" oder „Klamm" und schliesslich als „Ablagerungsgebiet" oder „Ausgussbett" bezeichnet werden. Die Beschreibung lautet: „Man denke sich nur enge, auch bis 12 Stunden lange Täler, eingeschlossen von Höhen, steilen Gebirgen, deren Krone vielfältig mit ewigem Eise bedeckt ist, und welche da, wo sich das Tal schliesst, das ist im Hintergrunde, öfters Trichter von ungeheurer Ausdehnung bilden und nicht selten an Ferner grenzen; man denke sich weiter diese Gebirge vielfältig verwittert, die Felsenmassen, aus denen sie bestehen, noch locker, unzusammenhängend, ihre jäh sich gegen das Tal abdachenden Flächen der sie schützenden Decke vielfältig beraubt, das Gefälle des Tales selbst bis zur Ausmündung äusserst gross: welche Verwüstungen müssen dann wohl in solchen Tälern erfolgen, wenn Schnee und Eis, in den Schluchten jahrelang verborgen liegend, auf einmal schmelzen; wenn bei andauerndem, warmen Regen die grosse Wassermasse in die schon damit gesättigten steilen Flächen nicht mehr eindringen kann, sondern mit Gewalt sich über dieselben und über Felsen herabstürzt, Schotter, lockere Erde, entwurzelte Bäume, Felsenstücke und Steine in das tiefe Tal fortreisst; wenn hier dann das sich sammelnde Wasser — durch des Tales Fallen an Geschwindigkeit immer zunehmend — diese schrecklichen Massen unter fürchterlichem Getöse mit sich fortwälzt, bis es dieselben da, wo das Gefälle sich mindert, das Tal sich erweitert, daher das Wasser an Kraft abnimmt, liegen lässt?!"

Vollkommen übereinstimmend mit den Anschauungen Duile's sind jene Surell's[3]). Er unterscheidet das Aufnahmsbecken, bassin de réception, den Abflusskanal, canal d'écoulement, und das Ablagerungsgebiet, lit de déjection. Während im Aufnahmsbecken die Wässer vorwiegend unterwühlen, im Ablagerungsgebiete, wie der Name sagt, vorwiegend ablagern, ist nach Surell im mittlern Gebiete, im Abflusskanale, eine wesentliche Tätigkeit der Wildwässer nicht zu konstatieren, das Gebiet also in gewissem Sinne neutral zu nennen. Dieser Abflusskanal wird von Costa de Bastelica [6]) als „Schlucht", gorge, von Culmann [9]) als „Sammelkanal" bezeichnet.

Demontzey [5]) der für das Ablagerungsgebiet den Ausdruck „cône de déjection", „Schuttkegel", gebraucht, acceptiert die Bezeichnung „gorge", Schlucht, nach Bastelica, welch' letztere seiner Ansicht nach wenigstens rudimentär bei jedem Wildbache vorkommt. Dagegen ist er mit der Surell'schen Charakterisierung des Abflusskanals insofern nicht einverstanden, als seiner Erfahrung nach, die man übrigens nicht selten machen kann, die Ablagerung sich teilweise oder selbst durch die ganze Schlucht hindurch vollziehen kann.

---

9) Culmann, „Bericht an den schweizerischen Bundesrat über die Untersuchung der schweizerischen Wildbäche, vorgenommen in den Jahren 1858, 1859, 1860 und 1863". Zürich 1864.

Dr. Paul Lehmann[10]), der die Bezeichnungen „Schuttkegel", „Sammelgebiet" und „Sammelkanal" gebraucht, scheint innerhalb der beiden letzteren Gebiete die Neigung des Wassers zur Sohlenvertiefung, Kolkung zu erkennen; die diesbezügliche Stelle lautet:

„Noch mannigfacher als bei den Schuttkegeln sind die Erscheinungen im Sammelgebiete und im Sammelkanale der Wildbäche; doch treten uns überall am Gletscherbache, wie an der öden Rüfe, die nur bei Regenwetter „geht", ein starkes Gefälle, steile Ufer und infolgedessen die Neigung des Wassers zur Sohlenvertiefung, Kolkung, als bezeichnende Merkmale entgegen."

Edmund Graf[11]) acceptiert die Duile'sche Einteilung, während Martin Kovatsch[12]) den Wildbach in drei Zonen scheidet und zwar:

1. Zone des absoluten Abtrages, den obersten Teil des Wildbaches umfassend.
2. Zone des absoluten Auftrages im untersten und
3. Zone der Nullarbeit im mittleren Verlaufe des Wildbaches.

Offenbar ist diese Einteilung in Uebereinstimmung mit jener von Surell.

Kovatsch bemerkt überdies, dass die 3. Zone, also jene der Nullarbeit, dann als die für die Verbauung tauglichste angesehen werden müsse, wenn das Uebel nicht am Ursprunge behoben werden kann.

Während G. R. Förster[13]) nur oberflächlich vom Schuttkegel, Sammel- oder Einzugs- und vom Durchflussgebiete spricht, äussert sich Elias Landolt[14]) in eingehender Weise hinsichtlich des Bachverlaufes und unterscheidet an den grösseren Bächen des Hochgebirges in der Regel vier wesentlich von einander abweichende Teile, und zwar:

1. Das Sammel- oder Einzugsgebiet, gewöhnlich von einer grossen Zahl von Zweigen des Hauptbaches durchschnitten. Es fällt im Hochgebirge auf die als Weide benutzte obere Terrasse, beziehungsweise in die unwirtlichen Gegenden (Felspartien, Gletscher und Schneefelder), in den Vorbergen in die obere Waldregion. Die einzelnen Zweige der Bäche sind, wenn nicht von Quellen, Gletschern, Schneefeldern gespeist, in der Regel wasserarm, oft sogar trocken, füllen sich aber bei Schneeschmelze, Gewittern u. s. w. rasch und führen dann den Runsen und Schluchten im Erosionsgebiete grosse Wassermassen und Geschiebemengen zu. In der Regel liegen die sich oben oder in der Schlucht zu einem Bache vereinigenden Gräben in einer weiten Mulde.

2. Das Erosions- oder Auswaschungsgebiet, in dem der Hauptbach nicht selten auch noch Seitenbäche aufnimmt. Es befindet sich zum grössten Teile in der Waldregion, weil die steilsten Partien der Hänge dieser angehören. Hier fliesst das Wasser durch enge, tief eingeschnittene Runsen, deren Eingänge häufig „verrutscht" und unproduktiv sind, und nimmt den grössten Teil des Materials auf, welches bis ins Tal befördert wird und dort den Schuttkegel bildet.

3. Den Schuttkegel, das Gebiet der Ablagerung, in dem das Bachbett häufig höher liegt als das angrenzende Kulturland.

4. Die Bachstrecke im Tale, die je nach den Gefällsverhältnissen sehr verschieden gestaltet ist, oft auch ganz fehlt und nicht selten zu Versumpfungen Veranlassung geben kann.

---

10) Dr. Paul Lehmann, „Die Wildbäche der Alpen". Breslau 1879.

11) Edmund Graf, „Waldverwüstung und Murbrüche", Wien 1879.

12) Martin Kovatsch, „Das obere Fellagebiet im Kanaltale in Kärnthen und die dortigen Wasserbauten".

13) G. R. Förster, „Das forstliche Transportwesen", Wien 1885.

14) Elias Landolt, „Die Bäche, Schneelawinen und Steinschläge und die Mittel zur Verminderung der Schädigungen durch dieselben", Zürich 1887.

Wie zu entnehmen, ist die Frage der Einteilung des Wildbachverlaufes zwar schon vielfach erörtert worden — des Raumes wegen muss manch andere Einteilung übergangen werden — doch bieten sie alle nichts Feststehendes, da die obwaltenden Verhältnisse nicht nur teilweise, sondern auch gänzlich abändernd zu wirken im stande sind. Im allgemeinen kann behauptet werden, dass die Verhältnisse der Talbildung in der Kalkalpenwelt wesentlich verworrener sind, als jene in der Urgebirgswelt, z. B. auf der Kette der Zentralalpen. Diese Verworrenheit der Talbildung, welche in den höheren Gegenden in völlige Unbestimmtheit ausartet, ist sogar ein charakteristischer Zug der höheren Kalkalpenwelt.

Nichtsdestoweniger lassen sich unter allen Umständen, wenigstens bei den Wildbächen des Hochgebirges, zwei scharf getrennte Gebiete unterscheiden, und zwar:

1. Das Gebiet der Materialbeschaffung, zumeist das ganze Niederschlagsgebiet umfassend, und

2. das Gebiet der Materialablagerung, der Schuttkegel.

Bei den Bächen des Mittelgebirges sind beide Gebiete nicht so scharf getrennt und bei jenen der Niederung vielleicht gar nicht zu unterscheiden.

§ 4. 3. Herkommen des Geschiebes. Von ganz besonderer Bedeutung erscheint die den Wildbächen zukommende Eigenschaft der besondern und unregelmässigen Geschiebeführung, bei deren Beurteilung das Augenmerk in erster Linie dem Herkommen der Geschiebemassen zugewendet werden muss.

Im grossen und ganzen ist das in den Rinnsalen der Wildbäche angehäufte und von diesen geführte Geschiebe als das Resultat, sei es der Verwitterung, sei es der Erosion oder auch der Unterwühlung, beziehungsweise Durchfeuchtung lockerer, hangender Schichten anzusehen.

Die Verwitterung liefert den Wildbächen bedeutende Geröllmassen. Ihr Fortschritt hängt nicht allein von der geognostischen Beschaffenheit des Grundgesteines, sondern auch von dem Klima, der Höhenlage, der Exposition und insbesondere von der Beschaffenheit der Bodendecke ab.

Was die geognostische Beschaffenheit des Grundgesteines anbelangt, so leisten die kristallinischen Massengesteine, insbesondere der Granit, dem Verwitterungsprozesse im allgemeinen grossen Widerstand. Ihnen zunächst die krystallinischen Schiefer und unter diesen wieder namentlich der Gneis. Verhältnismässig geringen Widerstand setzen der Verwitterung die Sedimente, so der Tonschiefer und die sandsteinartigen Gesteine, in den einer Vegetationsdecke entbehrenden Hochlagen auch die Kalke entgegen.

Die allgemeinen klimatischen Verhältnisse können selbstverständlich nicht ohne Einfluss auf das Fortschreiten des Verwitterungsprozesses bleiben. Oertlichkeiten mit häufigen und reichlichen Niederschlägen, Winden, Gewittern, Hagel und insbesondere mit raschem Temperaturwechsel über und unter dem Eispunkte und daher sehr vermehrter Wirkung des in die Gesteinsritzen dringenden und dort frierenden Wassers, müssen als dem Fortschritte des Verwitterungsprozesses günstig bezeichnet werden.

Zum grossen Teile hängt jedoch die Einwirkung der klimatischen Verhältnisse von der Höhenlage und der Exposition ab.

Hinsichtlich der Höhenlage erscheint es erwiesen, dass die Region unmittelbar unter der Schneegrenze die grösste Zertrümmerung erleidet. Hier mangelt es zumeist an der schützenden und dauernden Bekleidung des Bodens mit Vegetation oder mit Schnee und hier ist der häufigste Wechsel der Temperatur ober und unter dem Nullpunkte zu konstatieren. Das ist aber auch jene Region, in welcher in der Regel das eigentliche Sammelgebiet der Wildbäche gelegen ist.

Was die Exposition anbelangt, so sind die Südabhänge der Verwitterung mehr

ausgesetzt als beispielsweise die nördlichen. Der Grund hiefür ist namentlich darin zu suchen, dass die Schneedecke schon im zeitlichen Frühjahre durch die mehr senkrecht auffallenden Sonnenstrahlen und den direkten Anprall des Südwindes entfernt und die Einwirkung der schädlichen Nachtfröste erleichtert wird. Auch ist zu berücksichtigen, dass die südlichen Hänge in der Regel in grösserer Ausdehnung und oft bis in die höchsten Lagen der Agrikultur gewidmet sind, was bei allzu intensiver Ausnützung des Bodens häufig eine Verschlechterung der Standorte und ein Herabdrücken der Vegetationsgrenze mit sich bringt.

Einen wesentlichen Einfluss auf die Art, den Grad und den Fortschritt der Verwitterung übt die Beschaffenheit der Bodenoberfläche aus. Der natürlichen Kleidung beraubt, ist der Boden in erhöhtem Masse und schutzlos der zerstörenden Einwirkung der Atmosphärilien, der Wirkung der Sonnenstrahlen preisgegeben, der Temperaturwechsel wird fühlbarer und der Frost vermag die Verwitterung wesentlich zu fördern.

Hieraus geht hervor, welche hochwichtige Aufgabe der Vegetationsdecke im Wildbachgebiete hinsichtlich der Hintanhaltung der Geschiebebildung und hinsichtlich der Regelung der Geschiebeabfuhr zufällt, und wie sehr es nötig ist, die Besserung der kulturellen Verhältnisse im Niederschlagsgebiete ins Auge zu fassen.

Die Verwitterungsprodukte können auf verschiedene Weise in die Rinnsale der Bäche gelangen. Einerseits werden sie durch das von den Hängen herabfliessende und den Rinnsalen zueilende Wasser, sowie auch durch Lawinen und Gletscher talwärts befördert, anderseits gelangen sie durch Steinschlag oder auch durch Bergstürze in den eigentlichen Bereich des Wildwassers.

Ganz wesentlichen Anteil an der Beförderung der Verwitterungsprodukte bis zu jenem Orte, wo dieselben der transportierenden Tätigkeit des Wassers unterworfen sind, nehmen wohl die Gletscher und die Bergstürze. Leider sind es gerade sie, mit denen im Naturhaushalte gerechnet werden muss, ohne ihrer Tätigkeit direkt entgegentreten zu können.

Auf die Tätigkeit der Gletscher ist das reichliche Vorkommen des Glacialschuttes in den Alpen zurückzuführen, eines Gebildes, welches ein ausserordentlich günstiges Feld für die erodierende Tätigkeit des Wassers bietet und auf dessen Bindung nie genug geachtet werden kann. Die Bergstürze schaffen ausserordentliche Materialdeponien in die Gräben und Täler und begründen hiemit auch eine wesentliche Gefahr für das Unterland. Der Einfluss der Lawinenstürze und der Steinschläge auf die Geschiebeführung ist in der Regel von geringerer Bedeutung, weil die Masse des auf solche Weise in das Rinnsal gelangten Materiales im Verhältnis zur Geschiebeführung eines Wildbaches meist doch nur als eine relativ geringe angesehen werden kann.

Ueberraschender in ihren Wirkungen gegenüber der Verwitterung ist die Erosion. Sie äussert sich in den Wildbächen nicht allein in der Vertiefung der Rinnsale und den hiemit häufig verbundenen Lehnenfussunterwaschungen und ihren Folgen, sondern auch nicht selten in der Zerwühlung der Hänge, in der Schaffung von Runsen und neuen, zur Existenz nicht berechtigten Rinnsalen. Naturgemäss wird die Erosion unter sonst gleichen Verhältnissen, also unter gleichen geognostischen, gleichen Gefälls- und Verwitterungsverhältnissen, umsomehr zur Geltung kommen müssen, je rascher der Wasserabfluss ist, und es wird deshalb und weil die Vegetationsdecke der erodierenden Kraft des Wassers mechanischen Widerstand entgegensetzt, die Erosion in einem kahlen Sammelgebiete mehr zur Geltung kommen, als in einem mit Vegetation hinreichend bedeckten und geschützten Gebiete. Daraus erhellt wieder deutlich die Aufgabe der Kultur im Niederschlagsgebiete, gleichzeitig aber auch die Notwendigkeit der Durchführung solcher Massnahmen, die geeignet sind, dem schon entstandenen Uebel

Einhalt zu tun, und die vorhandenen Wunden zur Heilung zu bringen.

In ihren Wirkungen gleichfalls ausserordentlich unregelmässig und zumeist schadenbringend ist die Unterwühlung hangender Bodenschichten. Diese Erscheinung, die bekanntlich auf die Tätigkeit der Sicker- und Quellwässer zurückgeführt werden muss, tritt unter sonst gleichen Verhältnissen um so rascher und in um so grösserem Umfange ein, je zusammenhangloser, je nackter und verwitterter der Boden ist. Ganz gewaltig sind oft die Materialmassen, die auf solche Weise in die Rinnsale gelangen und von grosser Wichtigkeit ist es deshalb, diese Erscheinung in den Wildbächen genauestens zu beobachten.

§ 5. 4. Die Systeme der Verbauung. Den Wildbächen des Hochgebirges ist im Gegensatze zu jenen der Berg- und Hügelländer, und an dieser Einteilung soll bei den folgenden Ausführungen festgehalten werden, zumeist eine ganz besondere, häufig mit den Wassermassen in gar keinem Verhältnisse stehende Materialführung eigen. Man begegnet hier einer Erscheinung, dem Murgange, die als eine Eigenheit des Hochgebirgs-Wildbaches angesehen werden kann und die bei den Bächen des Berg- und Hügellandes wenigstens nicht in so bestimmter Weise zum Ausdrucke kommt.

Je nach dem Herkommen der Geschiebemassen hat man im Hochgebirge solche Wildbäche zu unterscheiden, welche vorherrschend Verwitterungsprodukte führen und solche, welche das Geschiebe überwiegend durch ihre erodierende oder unterwühlende Tätigkeit in Bewegung bringen.

Wenn, wie hervorgehoben, bei derlei Bächen die Geschiebeführung vorherrscht, so ist in der Regel bei den Wildbächen der Berg- und Hügelländer die Wasserführung überwiegend; doch kann auch hier die Materialführung als Folge von Uferbrüchen und wegen des beständigen, unregelmässigen Wühlens in alten Schotterdeponien, mitunter immerhin eine ganz bedeutende, sowie in Anbetracht des sich meist auf wertvolle Kulturgründe ausdehnenden Inundationsgebietes auch eine sehr schädliche sein.

Die vorwiegend Verwitterungsprodukte führenden Wildbäche des Hochgebirges, zu welchen in erster Linie die des Kalkgebirges zu zählen sind, bieten der Verbauung im allgemeinen keine günstigen Operationsgebiete. Wie aus dem Vorhergehenden erhellt, muss es sich naturgemäss in solchen Fällen um die tunlichste Bekämpfung der Verwitterungserscheinung durch Schaffung womöglich besserer kultureller Verhältnisse im Niederschlagsgebiete handeln. Wenn schon die Durchführung der diesfalls nötigen Massnahmen innerhalb des Vegetationsbereiches oft, und zwar deshalb mit grossen Schwierigkeiten verbunden ist, weil man nur allzuhäufig dem Widerstande seitens der Bevölkerung begegnet, so ist leider mit der Vegetationsgrenze der diesfälligen Tätigkeit überhaupt eine Schranke gesetzt.

Unter allen Umständen ist in solchen Fällen das Hauptaugenmerk auf die Erhaltung oder Schaffung eines Waldgürtels an der Waldvegetationsgrenze zu legen, weil nur auf diese Weise eine grössere Gewähr für die Zurückhaltung des Geschiebes über dieser Grenze geboten erscheint. Selbstverständlich ist auch der Bewirtschaftung der ober der Waldgrenze gelegenen Alpsgründe besondere Sorgfalt zuzuwenden und überhaupt zu trachten, der Vegetation soweit als möglich in die höchsten Lagen Eingang zu verschaffen.

Andere, in solchen Wildbächen auszuführende Arbeiten können in der Regel nur als Palliativmittel angesehen werden. Sie sind wohl geeignet, die Gefahr momentan oder für längere Zeit zu bannen, nicht aber auch sie vollkommen zu beheben. Zu diesen Massnahmen gehört die Herstellung grösserer Talsperren als Materialstauwerke, welche den Zweck haben können, die Geschiebeführung nach abwärts durch

eine gewisse Zeit hindurch auf ein vielleicht unschädliches Mass einzuschränken. Unter Umständen kann so Zeit gewonnen werden, die Verhältnisse im Niederschlagsgebiete in zufriedenstellender Weise zu bessern.

Weiter sind als im Innern solcher Gewässer eventuell noch zweckentsprechend durchzuführende Massnahmen die *Vorkehrungen gegen Steinschlag* und *gegen den Abgang von Lawinen erwähnenswert*. Der leidigen Tatsache, dass derartige Wildbäche der Verbauung keine besonders günstigen Operationsgebiete liefern, kann immerhin der Umstand entgegengehalten werden, dass sie, weil in ihrer Tätigkeit und schädlichen Wirkung eine gewisse Regelmässigkeit zeigend, auch nicht zu den besonders gefürchteten Wildwässern gezählt werden können. In den meisten Fällen nehmen die von ihnen herabgeführten Verwitterungsprodukte am Talausgange ein gewisses Gebiet ein, welches die Bewohner der Umgebung im Hinblick auf die sichere, unausweichliche Gefahr in der Regel auch nicht nutzbar zu machen bestrebt sind. In nicht seltenen Fällen wird es deshalb bei solchen Bächen auch angezeigt sein, auf den Schuttfeldern förmliche Materialablagerungsplätze zum sicheren Schutze des umliegenden Kulturlandes zu schaffen, oder die Bildung solcher Materialdeponien auch schon im Talinnern an geeigneten Stellen durch entsprechende Vorkehrungen zu begünstigen.

Selbstverständlich schliesst es das bisher geschilderte Verfahren nicht aus, dass die in solchen Wildbächen in grösserem oder geringerem Masse durch andere Erscheinungen, z. B. durch Erosion und Unterwühlung verursachte Geschiebeführung auch auf andere, diesen Erscheinungen entgegenwirkende, entsprechende Weise bekämpft werden muss.

Ein bei weitem reichhaltigeres und auch dankbareres Feld für die Verbauungstätigkeit liefern die vorherrschend erodierenden und unterwühlenden Wildbäche. Hier bieten sich dem Fachmanne die mannigfachsten Aufgaben dar, deren richtige Lösung nur an der Hand reichlicher praktischer Erfahrung bewerkstelligt werden kann. Als die hauptsächlichsten sind die *Verhinderung der weitern Sohlenerosion, dann häufig im Zusammenhange hiemit die Sicherung der anbrüchigen Lehnenfüsse, die unschädliche Ableitung der Quell- und Sickerwässer, die eventuelle Zurückhaltung der bereits im Wildbache angehäuften Erosions-, Unterwühlungs- oder teilweise auch Verwitterungsprodukte, die Konsolidierung der der Erosion und der Unterwühlung unterworfenen Hänge des Niederschlagsgebietes und endlich die Besserung der kulturellen und wirtschaftlichen Verhältnisse der letzteren anzusehen.*

Die Sohlenerosion ist das Resultat zweier, sich nicht im richtigen Verhältnisse gegenüberstehender Faktoren, das ist der Gewalt des abfliessenden Wassers einerseits und der Widerstandskraft der Bachsohle anderseits. Die Mittel, die beiden genannten Faktoren in das richtige Gleichgewicht zu setzen, müssten also in der Verminderung der Wasserkraft, beziehungsweise in der Festigung der Bachsohle bestehen.

In ersterer Hinsicht kommen mehrere Momente in Betracht. Die Kraft des abfliessenden Wassers ist in einem gegebenen Querprofile bei gleicher Wassermenge, bei gleichem Grade der Sättigung mit Geschiebe, von der Neigung des Wasserspiegels, beziehungsweise von der Sohlenneigung abhängig. Einer gewissen Wassermenge und Geschiebeart, einem gewissen Sättigungsgrade und einem gewissen Querprofile entspricht bei gegebener Sohlenbeschaffenheit ein Sohlengefälle, welches, mit der Wasserkraft im Gleichgewichte stehend, den Bestand der Sohle sichert. Es muss deshalb zunächst Sache der Verbauung sein, in einer der Erosion unterworfenen Bachsohle

dieses, den konkreten Verhältnissen entsprechende, sogenannte „Ausgleichsprofil" durch Einbau von Querwerken, Talsperren oder Grundschwellen zu schaffen oder, wenn dies nicht tunlich wäre, in anderer Weise auf die Erhöhung des Sohlenwiderstandes hinzuwirken.

Es darf aber hiebei nicht ausser Acht gelassen werden, dass mit der fortschreitenden Verbauung im Talinnern die auf die Bildung des Ausgleichsgefälles Einfluss nehmenden Faktoren andere werden können. Insbesondere wird durch die Verminderung der Geschiebeführung bei sonst gleichbleibenden Verhältnissen die Geschwindigkeit des abfliessenden Wassers eine beträchtlichere und das Ausgleichsgefälle deshalb ein geringeres, denn das seiner Grösse und Beschaffenheit nach als gleichbleibend angenommene Geschiebe vermag sich bei dieser erhöhten Geschwindigkeit auf einer gleich steil geneigten Sohle nicht mehr zu halten. Die so mit der fortschreitenden Verbauung verbundene stete Abnahme des Ausgleichsgefälles lässt es behufs Verhindernng der Gefährdung schon bestehender Objekte nötig erscheinen, durch Einschaltung weiterer, sogenannter sekundärer Werke, ein der jeweiligen Wassertätigkeit entsprechendes, geringeres Gefälle zu schaffen. So kann endlich ein, den konkreten Verhältnissen entsprechender und ein gewisses Gleichgewicht gewährleistender Zustand geschaffen werden, bei dessen Eintritt das Ausgleichsgefälle seine mögliche unterste Grenze erreicht und sich zum sogenannten „Gleichgewichtsprofil" entwickelt hat.

Aus dieser wohl nur ganz allgemein gehaltenen Auseinandersetzung, auf deren theoretische Begründung hier nicht eingegangen werden kann, ist doch zu entnehmen, dass einer derartigen Verbauung nicht nur eine ausgedehnte Beobachtung der Bachverhältnisse vorangehen muss, sondern dass auch nach Vollzug derselben ihre stete Ergänzung nötig wird. Die diesbezügliche theoretische Begründung findet sich in den in den Fussnoten 15 und 16 angeführten Abhandlungen.

Die Geschwindigkeit des Wassers kann allerdings auch durch Verbreitung der Querprofile, oder durch Schaffung längerer und somit auch weniger steil geneigter Bachläufe vermindert werden. Diese Massnahmen sind jedoch in den Wildbächen des Hochgebirges und namentlich im eigentlichen Erosionsgebiete derselben, zumeist infolge der lokalen Verhältnisse nicht oder nicht leicht durchführbar und hätten zuweilen auch noch die Gefahr grösserer Böschungserosionen im Gefolge.

Anders ist es, wenn die Sohlenerosion durch direktes Heben der Sohlenwiderstandskraft bekämpft werden soll. In solchen Fällen handelt es sich um die teilweise oder vollkommene Sohlenfixierung durch Pflasterung oder auf andere ähnliche Weise. Diese Verbauungsart, die in ihrer vollkommensten Ausführung zur Herstellung der Steinschalen oder Steinkunetten führt und zu der Sohlenstaffelung mittelst Querwerken im Gegensatze steht, kann sich insbesondere dort empfehlen, wo infolge des bestehenden grösseren Gefälles die Entwicklung des wünschenswerten Ausgleichs-, beziehungsweise Gleichgewichtsgefälles nur durch Einbau einer unverhältnismässig grossen Zahl von Querwerken möglich wäre. Das ist namentlich in den engen und sehr steil verlaufenden Runsen, Wasserrissen, der obersten Einzugsgebiete der Wildbäche der Fall. Obwohl diese Methode den offenbaren Vorteil für sich hat, dass dem Wasser keine Gelegenheit zum „Kolken" geboten wird, soll sie doch unter allen Umständen nur dort zur Anwendung kommen, wo die mit ihr verbundene Begünstigung des Materialtransportes den Effekt der ganzen Verbauung nicht nachteilig beeinflussen oder einzelnen

15) Ferdinand Wang, „Die Gesetze der Bewegung des Wassers und des Geschiebes, die Berechnung der Wasserabflussmengen und der Durchflussprofile". 1899.

16) E. Thiéry: „Restauration des montagnes, correction des torrents, reboisement." — Paris 1891.

Verbauungspartien zum Schaden gereichen könnte und wo durch Steinschlag oder Terrainbewegung oder auch auf andere Weise der Bestand des Objektes, der Schale, nicht zu sehr in Frage gestellt wäre.

Die seitliche Erosion, die Unterwaschung der Lehnenfüsse, als Folge von Verwerfungen, oder als Folge des Wasseranpralles an stark konkav gekrümmte Ufer, kann durch Uferversicherung entsprechend behoben und für die Zukunft durch Schaffung möglichst geregelter Abflussverhältnisse verhindert werden.

Ein besonderer Anteil an der Materialbeschaffung in den Wildbächen ist der unterwühlenden Wasserwirkung zuzuschreiben.

Im allgemeinen hat man es mit zwei Bodenschichten, mit einer oberflächlich lagernden, mehr oder minder wasserdurchlässigen, der sogenannten „hangenden" und einer darunter befindlichen, mehr oder minder wasserundurchlässigen, der sogenannten „liegenden" Schichte zu tun. Letztere kann aus einem festen Grundgestein, beispielsweise Schiefer, oder auch aus einem mehr weichen, tonigen Gebilde bestehen. Es ist klar, dass bei geneigtem Terrain der Zusammenhalt der hangenden und liegenden Bodenschichten von gewissen Bedingungen abhängig ist.

Das Lostrennen der oberen Schichte von der unteren ist selbstverständlich schon bei einem gewissen Schichten-Neigungswinkel und unter einem bestimmten Kohäsionsverhältnisse möglich, auch kann durch die Wirkung der oberflächlich abfliessenden Meteorwässer, also infolge von Erosion, oder selbst durch Hagel eine Bodenabschwemmung verursacht oder gefördert werden. In ganz besonderem Masse ist aber in den meisten Fällen das oberflächlich einsickernde Wasser bei der Entstehung von Terrainabsitzungen tätig. Es durchtränkt nicht nur die obere Bodenschichte, vermindert zumeist deren Kohäsion, vermehrt ihr Volumen und ihr Gewicht, sondern es beseitigt auch, auf der Trennungsfläche abwärts gleitend, gänzlich oder doch zum Teile die Reibungswiderstände und führt schliesslich zur Absitzung der durchtränkten und unterwühlten hangenden Bodenschichte. Bei weicheren liegenden Schichten kann das eindringende Wasser selbst bei sehr geringem Schichtenneigungswinkel schon dann Absitzungen veranlassen, wenn es entweder, durch ein Hindernis gehemmt, auf der Trennungsfläche zu stagnieren und die liegende Schichte selbst durchzuweichen beginnt, oder aber, wenn es durch Risse in dieselbe einzudringen und so von innen aus ihre Durchfeuchtung vollführen kann. Unter allen Umständen ist es nötig, solch schädliche, bereits eingesickerte Wässer abzuleiten und auch in Hinkunft, wo tunlich, das Eindringen solcher Wässer möglichst zu verhindern. In ersterer Richtung wird man durch ausreichende Entwässerungsanlagen, in letzterer Richtung durch tunlichste Ermöglichung und Erleichterung des oberirdischen, schadlosen Abflusses der Meteorwässer das angestrebte Ziel erreichen.

Es möge noch bemerkt werden, dass bei schon unterwaschenen und mit Holz bestockten Böden die Bewegungstendenz durch die Schwere der oberirdischen, allenfalls auch noch flach bewurzelten Holzmasse, insbesondere im Vereine mit starken Luftströmungen gefördert werden kann. Das ist aber keineswegs ein Argument für die Annahme einer ungünstigen Wirkung der Bewaldung; in einem solchen Falle handelt es sich lediglich um die richtige Wahl der Bestandesform, also um die Anzucht bodenbindender, im Niederwalde zu bewirtschaftender Holzarten.

Bei Verbauung der in Rede stehenden Art der Wildbäche ist es selbstverständlich nicht ausgeschlossen, dass es ausserordentlich erwünscht oder notwendig sein kann, das bereits in den Rinnsalen des Niederschlagsgebietes angehäufte Erosions- oder Unterwühlungs-, eventuell auch teilweise Verwitterungsprodukt im Innern des Wildbachgebietes festzuhalten. Man hat dann in der Regel, ähnlich wie bei den vorwiegend

Verwitterungsprodukte führenden Wildbächen, durch die Herstellung von Talsperren an geeigneten Stellen Materialdeponien zu schaffen, dabei aber insbesondere im Auge zu behalten, dass es an gewissen Oertlichkeiten möglich sein kann, einer Talsperre gleichzeitig die Wirkung eines Materialstau- und eines Konsolidierungs-Werkes zu geben.

Weitere wichtige Aufgaben bei Verbauung erodierender oder unterwühlender Wildbäche sind die endgültige Konsolidierung der anbrüchigen Hänge durch Schaffung der Vegetationsdecke auf denselben, sowie die Besserung der kulturellen und der wirtschaftlichen Verhältnisse im Niederschlagsgebiete. Diese Aufgaben dürfen nicht aus dem Auge gelassen werden, denn von ihrer zielbewussten und gelungenen Ausführung hängt vielfach der volle Effekt der Verbauung des Wildbaches ab.

Die Wildbäche der Berg- und Hügelländer, in ihrem Charakter von jenen der Alpen verschieden, erfordern auch im allgemeinen die Anwendung eines anderen Verbauungssystemes. Bei vorherrschend geringerem Gefälle in den tieferen Partien und in der Regel einem bloss auf die höchsten Lagen beschränkten starken Gefälle, führen diese Bäche grössere Wassermassen und das aus dem Niederschlagsgebiete herabkommende Material den Talflüssen zu. Brüchige Stellen (Lehnenbrüche) finden sich zumeist nur in den oberen Teilen der Niederschlagsgebiete; in den tiefen Lagen, in welchen der Bach häufig schon beiderseits von älteren oder jüngeren Anschwemmungen eingerahmt ist, sind es die stetigen Uferbrüche, welche die Materialbewegung verursachen. Das Augenmerk bei Verbauung solcher Bäche ist, was den Oberlauf anbelangt, meist der Konsolidierung vorkommender Brüche, der Zurückhaltung des im Bachbette schon vorhandenen Geschiebes und der möglichsten Hintanhaltung des raschen Abflusses der Niederschlagswässer zuzuwenden. In den tiefern Lagen finden sich in den verhältnismässig breiten Bachbetten mit flachen Ufern, bei höchst unregelmässigem Wasserabflusse grosse Schotterdeponien vor, und es erwächst hieraus die Notwendigkeit, der Wandelbarkeit dieser Schottermassen durch entsprechende Regulierungsarbeiten ein Ziel zu setzen. Die Hauptaufgabe ist und bleibt aber die tunlichste Verminderung des raschen Wasserabflusses im Niederschlagsgebiete, und diese Aufgabe ist, da ausgiebige Wasserbehälter, Reservoirs, in der Regel nur in beschränkter Zahl ausführbar sind, meist nur auf kulturellem Wege zu erreichen.

Mit der Durchführung der vorbeschriebenen Massnahmen zur Beruhigung der Wildbäche, sei es nun jener im Hochgebirge oder jener im Berg- und Hügellande, muss nötigenfalls die Herstellung von Schutzvorkehrungen am Schuttkegel Hand in Hand gehen, wobei auf den richtigen Zusammenhang der Arbeiten im Innern der Wildbäche und in der Talsohle grosses Gewicht gelegt werden muss. Naturgemäss erfordert die Verbauung der Wildbäche im Talinnern einen relativ grösseren Zeitaufwand als jene am Schuttkegel, so dass es in vielen Fällen nicht ratsam und oft auch nicht zulässig wäre, den Effekt der Verbauung im Talinnern abzuwarten und die Durchführung von nötigen Schutzvorrichtungen am Schuttkegel oder im Tallaufe des Wildbaches ausser Acht zu lassen. Doch muss darauf verwiesen werden, dass man solche Vorkehrungen im Tallaufe oder am Schuttkegel, zumeist Bachregulierungen, vorderhand, wenn tunlich, nur in einfacher Bauweise herzustellen hätte, weil ein kostspieliges Definitivum einerseits während der Verbauungsperiode zu stark exponiert erschiene und anderseits voraussichtlich den nach der Verbauung eintretenden Abflussverhältnissen nicht mehr entsprechen könnte, da doch die Wirkungen eines verbauten Wildbaches naturgemäss ganz andere sind, als die eines unverbauten. — In manchen Fällen wird nach vollzogener Verbauung von der Herstellung eines Definitivums vielleicht ganz abgesehen werden können, jedenfalls ist aber anzunehmen, dass sich die Notwendigkeit der Durchführung besonderer Vorkehrungen gegen Verschotterungen in der Talsohle

mit dem Fortschritte der Verbauung im Talinnern vermindert.

Als integrierender Teil eines jeden Verbauungssystems ist auch die Reinhaltung der Bäche von Wildholz und die sorgfältige Beobachtung der Rinnsale, eventuell das langsame und zweckmässige Aussteinen derselben anzusehen. Dringend geboten ist es selbstverständlich, dass das Gehänge der Wildbäche in keiner Weise, weder durch irrationelle forst- noch landwirtschaftliche Massregeln, zu welch letzteren insbesondere und unter gewissen Verhältnissen Bewässerungen und Wasserleitungen gezählt werden müssen, beunruhigt werde.

§ 6. 5. **Allgemeine Regeln für den Bau und die Erhaltung der Wildbachverbauungen.** Für die Ausführung der Wildbachverbauungen muss als Grundsatz nicht nur das rechtzeitige, sondern auch das ausreichende Eingreifen bezeichnet werden. Jedes Säumen ist von oft unberechenbarem Schaden begleitet und jede Lücke im Verbauungswerke wird leicht zu dessen Achillesferse. Auch ein allzu rasches, überstürztes Vorgehen empfiehlt sich nicht und kann der Sache nur allzuleicht schädlich werden.

Einen massgebenden Faktor der Ausführung bilden die Kosten, von deren Höhe nicht selten die Durchführbarkeit einer bestimmten Verbauung abhängt. Insoferne die Solidität der Ausführung hiedurch nicht in Frage gestellt erscheint, wird demnach vor allem zu erwägen sein, auf welche möglichst einfache Weise und mit welchen möglichst geringen Kosten die Verbauung durchgeführt werden könnte. Die Kosten der Bauausführung sind im allgemeinen zunächst abhängig von der Wahl und Beschaffung der Baumaterialien, von der Art und Weise der Konstruktion der einzelnen Werke und von den lokalen Arbeitsverhältnissen. Bei den in den Wildbächen vorherrschenden schwierigen Transportverhältnissen wird man sich selbstverständlich, wenn die Ausführung überhaupt eine Wahl zulässt, jenes Materiales bedienen müssen, welches nicht ohne zu erhebliche Kosten zur Baustelle geschafft werden kann. Wenn auch Steinbauten unter sonst gleichen Verhältnissen in der Regel teuerer als Holzbauten zu stehen kommen, so verdienen die ersteren in Anbetracht ihrer Solidität und Dauerhaftigkeit doch den Vorzug.

Unter der Voraussetzung, dass gutes Bauholz an Ort und Stelle oder in der Nähe zur Verfügung steht, kann sich dasselbe allerdings mitunter für eine billigere Bauweise insbesondere deshalb empfehlen, weil die heimische Bevölkerung in der Regel mit der Holzarbeit mehr vertraut ist und deshalb auch fremde, zumeist auch kostspieligere Arbeitskräfte nicht herangezogen werden müssen. Der Bestand der hölzernen Werke ist übrigens namentlich dort, wo dieselben beständig unter Wasser stehen, oder vom Materiale verdeckt sind oder wo mit Rücksicht auf die Bodenverhältnisse eine baldige Verwachsung des verbauten Baches zu erwarten steht, ein zumeist hinreichend dauernder. Ein wesentlicher Vorteil der Holzbauten ist darin zu suchen, dass eingetretene lokale Beschädigungen in der Regel nicht so rasch zu der Zerstörung des ganzen Baues führen und rechtzeitig wieder gut gemacht werden können. Es wäre deshalb gewiss einseitig, wollte man unter allen Umständen dem Holzbaue aus dem Wege gehen, es ist vielmehr Sache des Projektanten, je nach den örtlichen Verhältnissen die richtige Wahl und das richtige Mass in der Verwendung von Stein und Holz zu treffen. Unter allen Umständen sind zu den Steinbauten nur gute und dauerhafte Steine von möglichst grössen Dimensionen zu verwenden. Steine, die in einem feuchten Grunde der Verwitterung stark unterliegen, wie z. B. alle Schieferarten, Sandsteine u. s. w. sind für Bauten im Wildbachgebiete nicht gut verwendbar.

Zu den Holzbauten ist gesundes Lärchen-, Kiefern-, Tannen- und ausnahmsweise auch Fichtenholz in genügender Stärke zu verwenden. Die Hölzer sind rund zu be-

lassen, zu entrinden und nach Erfordernis untereinander mit Holz- oder Eisennägeln zu festigen. Zu den Faschinenbauten ist, wo immer möglich, ausschlagfähiges Material zu verwenden, während sich dicht und stark beastete Tannen für Packwerke am zweckmässigsten erweisen. Der Kostenpunkt der Ausführung hängt auch von den lokalen Arbeitsverhältnissen ab. Es soll als Grundsatz gelten, sich, wenn möglich, eine ständige Arbeiterschaft zu bilden und nicht durch Zugeständnisse einzelner hoher Löhne diese letzteren nach und nach auf eine den Verhältnissen nicht entsprechende Höhe zu bringen. In dieser Hinsicht hat sich die Verwendung von Sträflingen und Zwänglingen bestens bewährt.

Zur Sicherung einer entsprechenden Solidität des Verbauungswerkes, sowie auch zur Erzielung einer möglichst billigen Ausführung ist die stete Aufsicht durch tüchtige, fachmännisch gebildete Organe erforderlich, welche vorgefundene Mängel ohne Rücksicht sogleich abzustellen und die nötigen Weisungen an Ort und Stelle zu erteilen haben. Nicht nur die Kosten der Ausführung, sondern auch die Kosten der ferneren Erhaltung sollen einen hervorragenden Faktor bei Projektierung von Verbauungen bilden. Die Erhaltung der Bauten ist von den verwendeten Materialien und Arbeitskräften, von der Art der Ausführung, sowie selbstverständlich von der Art und Weise der Durchführung der Erhaltung selbst abhängig. Wie bereits an früherer Stelle hervorgehoben, stellt sich die Erhaltung der Steinbauten, weil diese im allgemeinen dauerhafter sind, unter sonst gleichen Verhältnissen billiger, als jene der Holzbauten. Kleinere Objekte, die überdies im allgemeinen leichter herzustellen sind, erfordern weniger intensive Erhaltung als grosse, an deren Bestand sich auch gleichzeitig und naturgemäss ein höheres Interesse knüpft. Die Kosten der Erhaltung können übrigens durch intensive Beaufsichtigung wesentlich verringert werden. Es erscheint deshalb unbedingt nötig, dass gleich nach Verlauf eines Elementarfalles die Bauten einer eingehenden Untersuchung unterzogen und vorgefundene, noch so geringfügige Mängel ohne Verzug behoben werden. An Bauten, bei welchen die heimische Bevölkerung werktätig beteiligt war, werden derartige Schäden leichter behoben werden können, weil in einem solchen Falle das Verständnis und das Interesse in weit höherem Grade vorhanden sind, als umgekehrt. Schäden, welche nicht mit Elementarfällen zusammenhängen, sondern dem natürlichen Zersetzungsprozesse zugeschrieben werden müssen, sind gleichfalls tunlichst rasch zu beheben, und wird diesbezüglich die Veranlassung periodischer Bachbegehungen von grossem Vorteile sein. Da die intensive und verständige Erhaltung der Bauten insbesondere in den ersten Jahren von grosser Bedeutung ist und mangelhafte Objekte dem Talgrunde nur unberechenbaren Schaden bringen können, so soll und muss auf die Bildung eines Erhaltungsfonds und insbesondere auch auf die Möglichkeit sorgfältiger Ueberwachung der Instandhaltung Bedacht genommen werden.

Wenn es sich um die systematische Verbauung eines Wildbaches handelt, so muss vorerst eine gründliche Durchforschung des Gebietes in geologischer und geognostischer Beziehung vorgenommen werden, der sich auch noch die Ermittelung jener Grundursachen anzuschliessen hat, welche ausschliesslich oder doch vorwiegend zur Entstehung des nunmehr zu verbauenden Wildbaches die Veranlassung gegeben haben. Erst auf Grundlage dieses möglichst sorgfältig erhobenen Materiales kann an die Abfassung des eigentlichen Verbauungsprojektes geschritten werden. Dasselbe hat im allgemeinen aus der Situation des Niederschlagsgebietes, den Längenprofilen der zu verbauenden Bachstrecken, den nötigen Querprofilen, Bauzeichnungen und dem Kostenvoranschlage zu bestehen. In der Situation sind die vorhandenen Terrainbrüche und alle sonstigen für die Verbauung wichtigen, materialschaffenden Oertlichkeiten kenntlich zu machen.

Der Motivenbericht enthält die Begründung der Verbauung und die der zeichnerischen Darstellung nicht zu entnehmenden, jedoch zu berücksichtigenden Verhältnisse.

In einigen Staaten, so in Frankreich, Oesterreich und in jüngster Zeit auch in Kroatien sind für die Durchführung der Wildbachverbauungen eigene Gesetze massgebend und es dient dann in erster Linie das technische Elaborat als Grundlage für die im Sinne dieser Gesetze durchzuführenden Verhandlungen und in zweiter Linie als Grundlage für die technische Ausführung selbst.

6. Die technischen Mittel der Wildbachverbauung.

§ 7. a) Allgemeines. Wenn sich die folgenden Ausführungen vielfach an das halten, was in der 1. Auflage dieses Handbuches, der ausgezeichnete Fachmann k. k. Oberforstrat G. A. Förster im Gegenstande mitteilte, so geschieht dies in voller Würdigung der gediegenen knappen Form des Gebotenen und in pflichtschuldiger Pietät für den leider bereits Verstorbenen. Nichtsdestoweniger muss mancher seither gemachten Erfahrung und der eigenen, individuellen Auffassung Rechnung getragen werden; auch soll der zeichnerische Teil eine wesentliche Umänderung erfahren.

Die Mittel, um einen Wildbach zu beruhigen und ihn in die normalen Verhältnisse zurückzuführen, sind zweifacher Art. In erster Linie sind hiezu die technischen Arbeiten, d. h. die unterschiedlichen Schutz- und Festigungsbauten und in zweiter Linie die eigentlichen forstlichen Arbeiten, d. h. Bindung und Festigung der Terrainbrüche und des entwaldeten Sammelgebietes durch Berasung und Bewaldung zu zählen. Die letzteren Vorkehrungen unterstützen nicht nur wesentlich die ersteren, es ist vielmehr in den meisten Fällen eine gelungene Wiederbewaldung für den Gesamterfolg der Verbauung ausschlaggebend.

Zu den technischen Mitteln der Verbauung sind zu zählen:

Querbauten oder Querwerke.

Parallelbauten.

Schalenbauten.

Entwässerungsanlagen.

Lehnenbindungen.

Schuttkegelsicherungen.

§ 8. b) Querbauten. Es sind das Werke, welche ähnlich wie ein Wehr von einem Ufer zum andern reichen, und zumeist senkrecht auf den Stromstrich zu stehen kommen. Mit Hilfe solcher Bauten wird die Bachsohle entweder in ihrem konkreten Zustande erhalten oder aber gehoben, immer aber vor der weiteren Sohlen-Erosion geschützt. Bei Hebung der Bachsohle tritt in der Regel gleichzeitig eine Profilserweiterung ein und die vielfach angebrochenen Füsse der seitlichen Hänge erhalten eine neue Stütze. Ueberdies wird das wirksame Bachgefälle und hiemit die Schleppkraft des Wassers vermindert.

Je nach der Höhe über der Bachsohle trennt man die Querwerke in Talsperren und in Grundschwellen.

α) Die Talsperre. Man bezeichnet gemeiniglich solche Querwerke als Talsperren, welche mindestens eine Höhe von 2—3 Meter über der Bachsohle haben. Je nach der ihnen zufallenden Aufgabe unterscheidet man Stauwerke und Konsolidierungswerke. Im ersteren Falle hat das Objekt die einzige oder doch vornehmlichste Aufgabe, Material zurückzuhalten; im zweiten Falle aber die Bachsohle vor Erosion zu schützen oder anbrüchige Lehnenfüsse zu decken. Nicht selten kann das Objekt durch günstige Wahl der Baustelle beiden Aufgaben zugleich gerecht werden. Stauwerke finden insbesondere bei Verbauung der Wildbäche, welche vor-

wiegend Verwitterungsprodukte führen, Anwendung. Als Grundsatz für die Wahl der Baustelle solcher Objekte gilt die Ausnützung felsiger Sohle bei gleichzeitigen felsigen Anschlusslehnen in engen Querprofilen, oberhalb welchen sich das Talbecken bei vorherrschend geringem Talgefälle erweitert.

Die Wahl der Baustelle für Konsolidierungszwecke soll zwar von ähnlichem Grundsatze geleitet sein, doch hängt sie zumeist von der Beschaffenheit der zu versichernden Bachstrecke ab. Immer sollen Konsolidierungswerke auf einer der Erosion unterworfenen Bachstrecken derart systematisch im Zusammenhange stehen, dass die unter dem Ausgleichsprofil geneigten Linien ihrer Verlandung von der Krone des einen Objektes bis zum Fusse des nächst höheren reichen soll. Auch soll es Grundsatz sein, wenn tunlich, an Stelle eines höheren Objektes mehrere niedrige zu errichten, weil hiemit der Gefahr der Auskolkung des Sperrfusses, welche den Bestand des Objektes am meisten gefährdet, wirksam vorgebeugt wird.

Die Talsperre besteht aus dem Sperrkörper samt seinem Fundamente und der seitlichen Einbindung, dann aus der Vorfeldversicherung, dem Fall- oder Sturzbett, dessen Aufgabe in der Sicherung des Sperrfusses liegt, d. h. es soll Kolkungen und Unterspülungen des Fusses durch das herabfallende Geschiebe und abfliessende Wasser verhüten.

Nachdem Talsperren in der Regel grössere und bedeutungsvollere Objekte sind, so werden sie zumeist in Stein, oder, wenn schon aus Holz, so doch nur mit Zuhilfenahme von Stammholz errichtet.

Talsperren aus Faschinen oder Packwerk gelangen selten zur Herstellung.

Der Körper einer Steinsperre wird zumeist in Form eines liegenden Gewölbes mit dem Scheitel stromaufwärts erbaut. Der Zweck der Bogenform, deren Pfeilhöhe einem Zehntel der Sehne, oder diese letztere dem Bogenradius entsprechen soll, liegt in der grösseren Widerstandsfähigkeit gegen den Stoss und Druck der sich ansammelnden Wasser- und Geschiebmassen.

Bei geringerer Spannweite und dort, wo starker Seitendruck zu erwarten ist, werden die Talsperren gerne geradlinig errichtet. Die talwärts gekehrte oder talseitige Stirnwand einer Sperre ist mit einem Anzug von 20—25 % der Höhe, in seltenen Fällen vertikal herzustellen. Allerdings wird mit der vertikalen Stellung die kolkende Einwirkung der überstürzenden Wassermassen auf den unmittelbaren Fuss der Sperre vermieden, es entfällt auch die Abnützung der Stirnfläche, denn sie beschränkt sich nur auf die oberste Lage. Dagegen ist die Standfestigkeit einer geböschten Sperre grösser und die Inanspruchnahme des Sturzbettes geringer. Die bergwärts gekehrte Stirnwand ist in der Regel vertikal.

Mit Rücksicht auf die Ausführung kann der Körper einer Steinsperre entweder aus einer in hydraulischen Mörtel gelegten Bruchsteinmauer oder aus einem gemischten Mauerwerk, d. h. teilweise in Mörtel, teilweise trocken gemauert, oder endlich aus einem reinen Trockenmauerwerk mit mehr oder minder gut behauenen Steinen bestehen. In neuerer Zeit werden auch Versuche gemacht, Talsperren in Beton auszuführen.

Bei den Wildbachverbauungen in Oesterreich und in der Schweiz werden die Talsperren vielfach als Trockenmauern mit lagerhaft zubehauenen Steinen erbaut, während in Frankreich zumeist Mörtelmauerungen oder gemischte Mauerungen Anwendung finden. Wo grosser, schöner Stein vorhanden, kann die Trockenmauerung in Art der Cyklopenmauerung immerhin Anwendung finden, es wäre denn, dass es sich um die Herstellung sehr hoher und wichtiger Objekte handelt, in welchem Falle unbedingt der Cementmauerung der Vorzug einzuräumen ist.

Wird der Körper einer Talsperre in hydraulischen Mörtel gelegt, so muss eine

grössere Abflussöffnung, eine sog. Dohle oder mehrere kleine Mauerschlitze für den Abfluss des Sickerwassers, letztere in ausreichender Anzahl und Verteilung hergestellt werden. Bei dem Aufbaue der Sperre sind für die Herstellung der talseitigen Stirnwand möglichst grosse und gute Steine bei entsprechender Ausarbeitung der Stoss- und Lagerfugen zu benützen.

Die einzelnen Steine sollen mit ihrer längsten Dimension nach der Tiefe der Mauer gelegt werden; die Höhe der einzelnen Steinlagen entspricht der zweitgrössten Dimension der verwendeten Steine.

In jeder Steinlage (Gewölbsring) sind womöglich gleich hohe Steine zu verwenden. Das selbständige, gewölbartige und tunlichst rasche Abschliessen einer jeden einzelnen Steinlage ist mit Hinblick auf die Möglichkeit grosser Beschädigung im Falle eines Hochwassers oder Murganges geboten. Höhe und Mauerstärke werden mit Rücksicht auf die örtliche Beschaffenheit fallweise zu bestimmen sein.

Die Krone der Steinsperre wird mit besonders grossen Steinen abgedeckt, und erhält vielfach ein schalenförmiges Profil, d. h. es wird der Wasserüberfall gegen die Mitte der Krone in eine sogenannte Abflusssektion verlegt. Ist eine Böschung felsig, die andere locker, so wird der Abfluss gegen die erstere gerichtet. Die horizontale Krone ist dort zulässig, wo die Seitenhänge beiderseits aus festem, felsigem Materiale zusammengesetzt sind. Es ist ihr im übrigen der Vorteil der Vermeidung der Konzentration der Wässer zuzusprechen, welcher Vorteil auch teilweise durch die Wahl eines trapezförmigen Profiles der Abflusssektion, an Stelle des schalenförmigen, zu erreichen ist. Diese letztere wird nicht selten der erhöhten Sicherheit wegen abgedielt, wobei die Bedielung als Schlusstenne über die talseitige Stirnwand hervorragt.

Die Widerlager einer Sperre werden durch das möglichst tiefe Einlegen des Sperrkörpers in die Seitenlänge des Wildbaches ersetzt und in den wenigsten Fällen durch künstliche Anlagen geschaffen.

Ist das Gehänge locker, so erscheint es vorteilhaft, künstliche Flügel, anlehnend an das Ufergelände nach auf-, besonders aber nach abwärts möglichst weit zu führen und an den Enden in das natürliche Terrain einzubinden oder aber die betreffenden Böschungen auf andere Weise, durch Pflasterung u. dgl. m. zu festigen.

Das Fundament einer Steinsperre ist um so sorgfältiger herzustellen, je höher und massiver der Bau errichtet werden soll. Ist in der Bachbettsohle und zwar in mässiger Tiefe fester, gewachsener Boden anzutreffen, so ist der Sperrkörper bis auf den Felsen hinabzuführen; es muss also dieser blossgelegt und die Fundamentmauer unmittelbar darauf gesetzt werden. Die Oberfläche des Felsens muss jedoch vorerst, sei es stromaufwärts etwas geneigt, sei es in Staffelform hergerichtet worden. Ist ein felsiger Untergrund nicht vorhanden oder doch erst in bedeutender Tiefe anzutreffen, dann sollten nur Objekte von mässiger Höhe erbaut werden oder es müssen selbe auf eine solide Rostanlage gestellt werden.

Sind die beiderseitigen Anschlusslehnen felsig, die Sohle dagegen aus losem Schotter zusammengesetzt, so kann es sich behufs Verhinderung der gefahrvollen Auskolkung empfehlen, das Fundament des Objektes gewölbeartig, mit dem Scheitel nach aufwärts, auszubauen, wobei die beiderseitigen festen Anschlusslehnen dem Fundamentgewölbe als Widerlage zu dienen haben.

Das Vorfeld der Talsperre ist jener Teil der Bachbettsohle, welcher unmittelbar von den über die Sperre abstürzenden Wasser- oder Geschiebsmassen getroffen wird. Derselbe wird selbstredend dieser erhöhten Kraftäusserung Widerstand leisten müssen, wenn nicht eine Auskolkung und Unterspülung der Sperre eintreten soll, deren Folgewirkung der Einsturz der gesamten Anlage wäre. Eine feste und dauerhafte Ver-

sicherung dieser Stelle ist somit die wichtigste Aufgabe des Gesamtbaues und kann nur dann entfallen, wenn die besagte Stelle felsiger Beschaffenheit sein sollte.

Bei Steinsperren kommt zumeist die solide Abpflasterung des Vorfeldes als Vorfeldversicherung in Anwendung. Hiebei ist darauf zu sehen, dass die Steine, die vorteilhaft in Cement zu legen sind, auf die „hohe Kante" gesetzt werden und dass die Vorfeldversicherung genügend weit nach abwärts reiche. Die doppelte Fallhöhe des Objektes als Länge der Vorfeldversicherung wird unter allen Umständen genügen. Vorteilhaft hat sich die Abdielung der Pflasterung mit Holz erwiesen. Je weiter die Pflasterung gegen die Krone heraufgezogen wird, desto mehr wird die Fallhöhe verringert und destomehr der Beschädigung des Vorfeldes vorgebeugt.

Das Vorfeld kann auch durch die Herstellung eines sekundären Vorbaues, einer sog. Vorsperre oder Gegentalsperre geschützt werden, welcher der Charakter einer Grundschwelle zukommt. Ihre Verlandung reicht dann bis zum Fusse des Hauptobjektes. Oft wird zur erhöhten Sicherung das talseitige Ende der Vorfeldversicherung, Pflasterung, durch eine Grundschwelle, als Gegensperre, abgeschlossen.

Fig. 1.

Für die Ausführung gilt, wie bei allen derartigen Bauten, der Grundsatz, vorerst jene Objekte zu bauen, welche den andern zum Schutze zu dienen haben. Es wird deshalb zunächst die Vorsperre, daran anschliessend eventuell die Pflasterung des Vorfeldes und dann erst die eigentliche Sperre zu errichten sein.

Es kann nicht unbemerkt bleiben, dass die stärkste Vorfeldversicherung der Kraft des abstürzenden Wassers oft nicht Widerstand zu leisten vermag. Es hat sich dagegen vorteilhaft erwiesen, bei genügender Tiefe des Fundamentes der Sperre, oder bei gewölbeartigem Ausbaue desselben, den sich vor dem Objekte stets bildenden Kolk mit grossen Steinen aus- und immer wieder nachzufüllen, das gänzliche Abschwemmen dieses Steinvorgrundes aber durch Herstellung einer Pilotenwand zu verhindern.

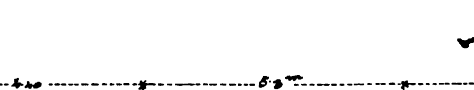
Fig. 2.

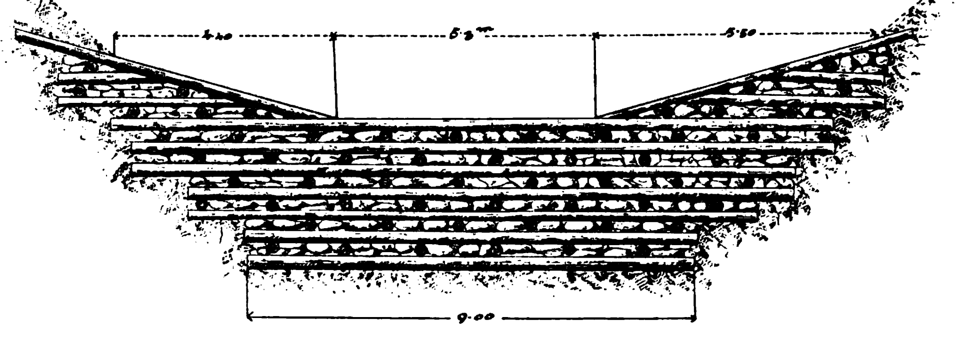
Fig. 3.

In den Fig. 1, 2 und 3 ist die Type einer Steinsperre in Trockenmauerung ersichtlich gemacht. Die Krone ist schalenförmig ausgestaltet, die Vorfeldversicherung am talseitigen Ende verstärkt, d. i. in Art einer Grundschwelle hergestellt. Im Falle der Verwendung von Mörtel, würde sich die Form des Objektes nicht ändern, nur müsste für die Freilassung einer Dohle oder von Sickerschlitzen Sorge getragen werden.

Talsperren aus Holz können ein- oder zweiwandig sein. Die erstern bezeichnet man als Blockwand- oder Balkensperren, die letzteren als doppelte oder Steinkastensperren. Der Körper der Balkensperren besteht aus einer Anzahl von übereinandergelegten, runden Stammstücken von gehöriger Länge und Stärke, die entweder unmittelbar aufeinanderliegen oder untereinander Zwischenräume von

Fig. 4.





15—20 cm Weite bilden. Im ersteren Falle wird die Sperrwand in der Regel durch vorne eingerammte Piloten gehalten. Im zweiten Falle dienen zur Festigung dieser Wand Zangenhölzer, welche in die Hinterfüllung möglichst weit hineingreifen sollen. Nicht ohne Vorteil ist die Verwendung von ganzen Stämmen mit voller Beastung als Zangenhölzer, in welchem Falle die in der Hinterfüllung fest eingeschlossene Krone einen weit höheren Festigkeitsgrad gewährt. Es entsteht dann die im Gebirge häufig angewendete Rauhbaumsperre, Fig. 4, 5 und 6. Die doppelten oder Steinkastensperren Fig. 7, 8 und 9, bestehen aus zwei Balkenwänden, die untereinander mittelst Querhölzern verbunden sind, während der Zwischenraum mit Geschiebe ausgefüllt und an der Oberfläche überdielt oder abgepflastert wird. Ist die Profilsweite sehr beträchtlich, so wird der Holzbau aus zwei oder drei Teilen derart zusammengesetzt, dass zwei Teile bergwärts einen stumpfen Winkel bilden oder dass bei drei Teilen der mittlere Teil senkrecht auf den Stromstrich und die Seitenteile schief und talwärts geführt werden, so dass sich die Form ähnlich wie ein mit dem Scheitel bergwärts liegendes Gewölbe ausnimmt. In der obersten Balkenlage wird durch Einschnitte und durch Befestigung von kürzern Seitenstücken eine Abflussrinne für die Wässer geschaffen und damit auch der Stromstrich von den gefährdeten Uferpartien abgelenkt. Die Versicherung des Vorfeldes bei hölzernen Talsperren erfolgt in ähnlicher Weise wie bei den Steinsperren und ist den Fig. 4—9 zu entnehmen. Zu beachten ist, dass Holzsperren im untersten Teile einen Holzboden, den sog. Schwerboden zu dem Zwecke erhalten sollen, damit im Falle der Auskolkung die Füllung, wo eine solche vorhanden, nicht nachsinken kann.

β) Die Grundschwelle ist ein niedriges Querwerk, welches im allgemeinen die Aufgabe hat, entweder, ähnlich wie die Talsperre, im systematischen Zusammenhange

die Erosion zu verhindern, oder aber andern Objekten, Parallelwerken, Schalenbauten, auch den Talsperren als Vorsperre zur Stütze zu dienen.

Fig. 5.

Fig. 6.



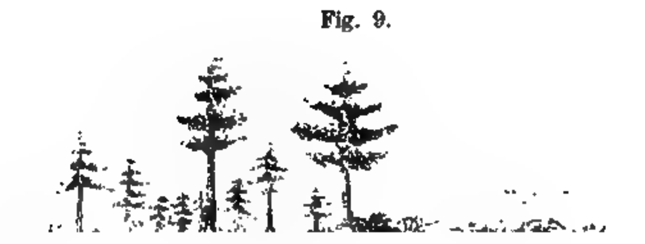


Fig. 7.

Die Wahl der Baustelle hängt von der Aufgabe ab, welche das Objekt oder eine ganze Reihe solcher Objekte zu erfüllen hat. Im allgemeinen gelten für die Wahl der Baustelle die bei den Talsperren zu berücksichtigenden Grundsätze.

Fig. 8.

Fig. 9.



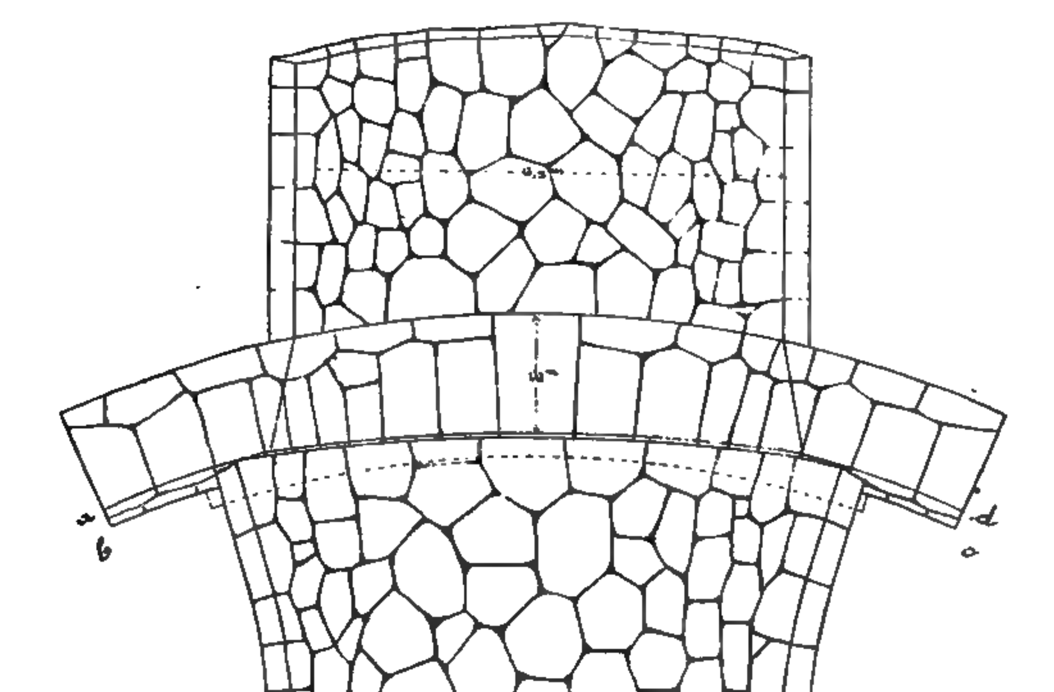
Grundschwellen können, ähnlich wie die Talsperren, in Stein und Holz bei entsprechend geringerer Dimensionierung ausgeführt werden.

Eine Steingrundschwelle, welche einer sich anschliessenden Sohlenpflasterung zur Stütze dient, ist in den Fig. 10, 11 und 12 ersichtlich gemacht.

Hölzerne Grundschwellen bestehen aus einem, aus zwei oder mehreren Balken, die

Fig. 10.

Fig. 11.



senkrecht auf den Stromstrich in die Bachsohle eingelassen und beiderseits mit den Hängen entsprechend verbunden werden. Die geringere Dimensionierung der Grundschwellen und ihre Anwendung in den kleinsten Wasserrinnen, welche sich rasch bewurzeln und begrünen sollen, lassen es oft wünschenswert erscheinen, ausschlagfähiges Material zu ihrer Herstellung als sog. **lebende** Werke zu verwenden. Derartige Objekte sind dann als Querflechtwerke Fig. 13, 14 und 15, oder als Faschinenquerwerke, Fig. 16, 17 und 18, be-

kannt. Die Art der einfach gehaltenen Vorfeldversicherung ist den bezogenen Figuren zu entnehmen. Im Bedarfsfalle können die Konstruktionen entsprechend verstärkt werden.

Fig. 12.

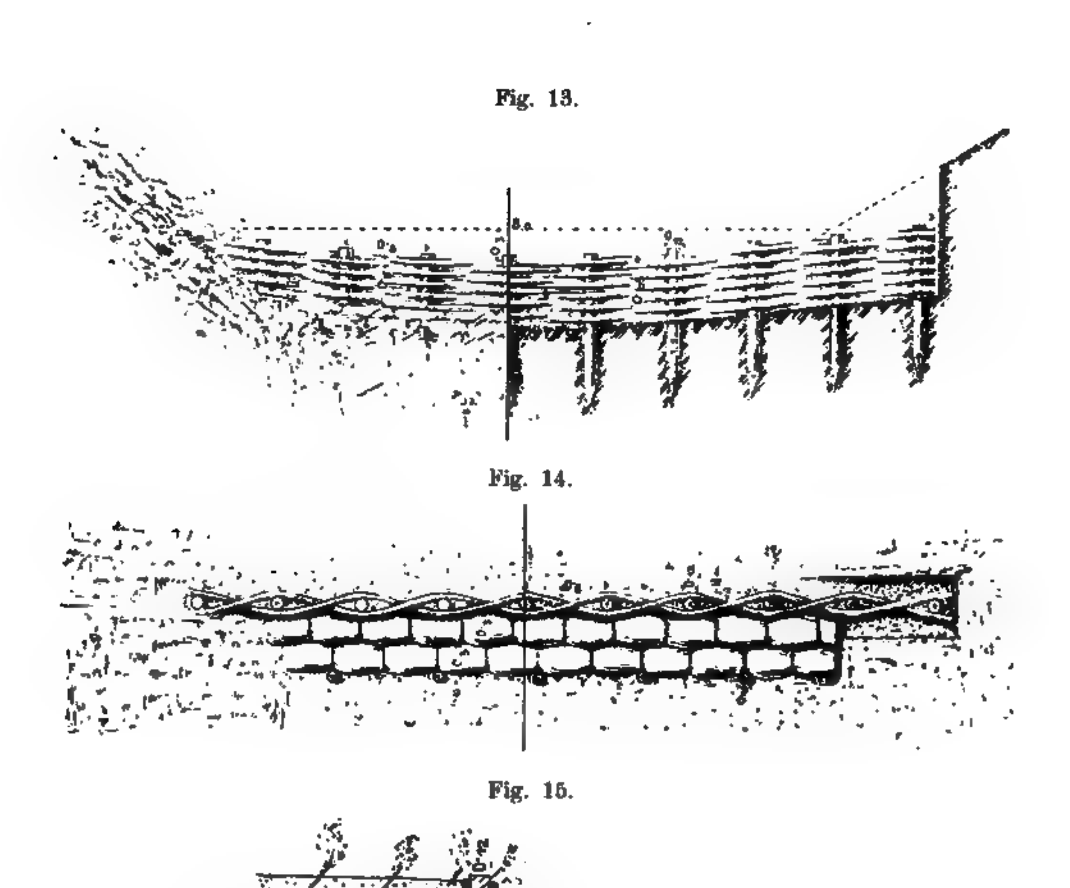


Fig. 13.

Fig. 14.

Fig. 15.

Steht ausschlagfähiges Material nicht zur Verfügung, so müssen derartige Objekte aus Astwerk, als tote Werke errichtet werden.

Die lebenden Werke finden übrigens auch dort Anwendung, wo es sich darum handelt, auf die Verlandung der Querwerke erster oder zweiter Ordnung schwächere Objekte höherer Ordnung zum Schutze dieser Verlandung und zur Ermöglichung ihrer raschen Begrünung aufzusetzen.

Die lebenden Werke, die mit Rücksicht auf ihre Widerstandskraft und längere Dauer den toten Werken vorzuziehen sind und zu deren Ausführung ausschlagfähiges

Fig. 16.



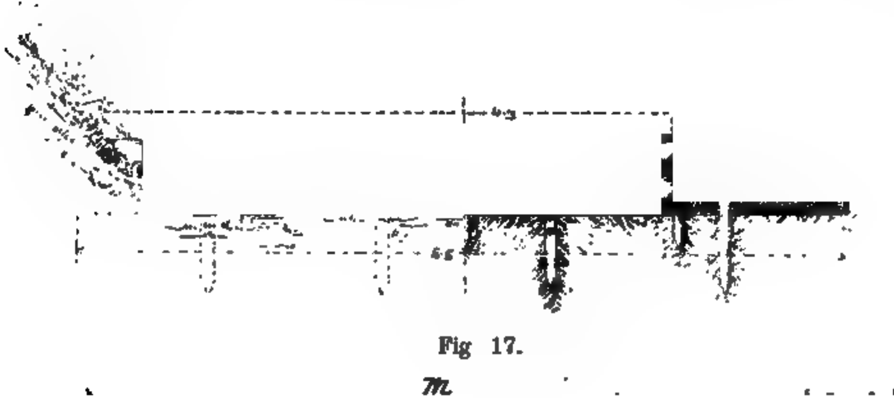


Fig 17.

Fig. 18.

Material verwendet wird, sollen zu einer Zeit hergestellt werden, zu welcher auf das Austreiben mit Bestimmtheit gerechnet werden kann. Das Material soll frisch gewonnen werden und speziell zur Herstellung von Faschinen aus möglichst langen und nicht zu starken Weidenruten bestehen.

Im Falle der Errichtung von Flechtwerken werden senkrecht auf den Stromstrich Pfähle aus womöglich gleichfalls ausschlagfähigem Materiale in einer oder in zwei Reihen

geschlagen und mit ausschlagfähigen Weidenruten, deren unteres Ende genügend tief in den Boden zu versenken ist, verflochten.

Die Faschinen werden durch Binden des Materiales mittelst Draht oder Wieden erzeugt und sollen länger sein, als die Weite des damit zu verbauenden Rinnsales. Wird die Faschine mit einem Schotterkerne versehen, so entsteht die Senkfaschine, in grösserer Dimensionierung auch Sinkwalze genannt, welche den Vorteil einer gewissen Beweglichkeit insoferne besitzt, als sie im Falle der Auskolkung durch ihre Schwere nachzusinken und den Kolk wenigstens teilweise auszufüllen vermag.

Fig. 19.

Fig. 20.

§ 9. c) Parallelbauten. Es sind dies Objekte, welche nach der Längsrichtung des Baches in der Regel zum Schutze von anbrüchigen Lehnen oder Ufern, oder auch zur Schaffung geregelter Gerinne errichtet werden. Zu derlei Bauten gehören zunächst die verschiedenen Arten des Uferschutzbaues, auf dessen nähere Beschreibung wegen Raummangel hier nicht eingegangen werden kann.

Die Wahl der Baustelle ist durch die örtlichen Verhältnisse gegeben; für die Wahl des Baumateriales gelten die allgemeinen Grundsätze. Uferschutzbauten werden in den Wildbächen nicht selten als Flechtwerke, oder in Form von Streichwänden, dann einfachen oder doppelten Steinkästen, rohen oder geschlichteten Stein-

würfen u. d. g. errichtet. Flache Böschungen sind steilen vorzuziehen. Gegen die Gefahr der Auskolkung, als auch Ueberflutung muss entsprechend vorgesorgt sein.

Die Fig. 19 u. 20 zeigen solche, nicht selten in Anwendung kommende Uferschutzbauten.

Wenn es sich um die Herstellung geschlossener Gerinne handelt, was insbesondere in den ausgedehnten Talläufen der Wildbäche der Berg- und Hügelländer nötig fällt,

Fig. 21.

Fig. 22.

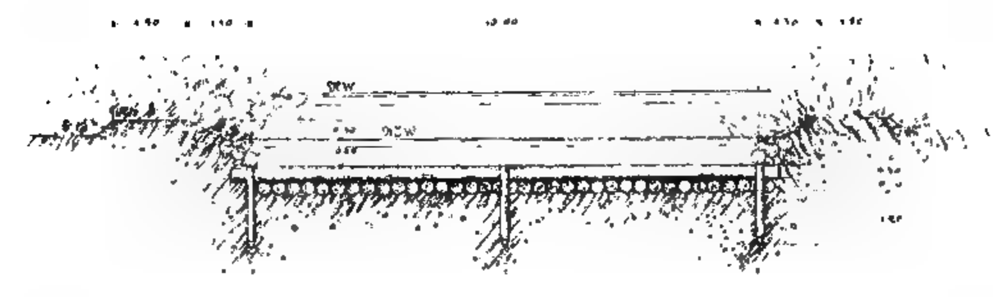


Fig. 23.



Fig. 24.



so kommen oft Flechtwerke, Faschinenwerke, Spreitlagen oder auch Sinkwalzen in Anwendung. Wo Stein vorhanden, werden gemauerte Leitwerke oder Böschungspflasterungen, Taludierungen, ausgeführt.

Zur Verhinderung der Unterwaschung sind nach Bedarf Grundschwellen einzubauen. Die Fig. 21—24 zeigen eine derartige Bachlaufkorrektion, Fig. 25 überdies den Sinkwalzenbau.

Die sehr veränderlichen Wasserstände der Wildbäche der Berg- und Hügelländer schliessen die Wahl des einfachen, alle Wasserstände konsumierenden Querprofiles aus, weshalb zumindest den extremen Hochwässern die Ueberflutung nicht verwehrt wird. Aus diesem Grunde erscheint es aber umso gebotener, das Vorland durch Einziehen von Traversen aus Flechtwerk, Steinwürfen auf Faschinenbettung u. d. g. m. zu festigen.

In seltenen Fällen wird das Doppelprofil gewählt.

Strenge genommen zu den Parallelwerken nicht zu zählen, sind die Buhnen, welche mehr oder weniger weit und verschieden gestellt, in das Bachbett ragen. Sie werden als Schutz-, Treib- und Verlandungsbuhnen errichtet, bilden aber in den Wildbächen stärkeren Gefälles ein zweischneidiges Schwert in der Hand des Projektanten, denn je offensiver ihr Charakter, desto grösser wird die Gefahr von Bachverwerfungen. In

Fig. 25.

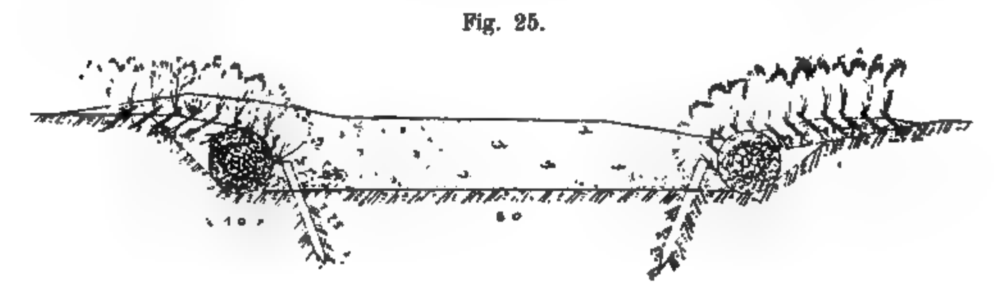


Fig. 26.

den Wildbächen der Berg- und Hügelländer können sie, bei den dort vielfach herrschenden geringeren Gefällswerten dazu benützt werden, um durch langsames Vorschieben, bei gleichzeitiger Kultivierung des Vorlandes, die Entwickelung des Normalprofiles zu fördern und dessen nachträgliche Stabilisierung zu erleichtern.

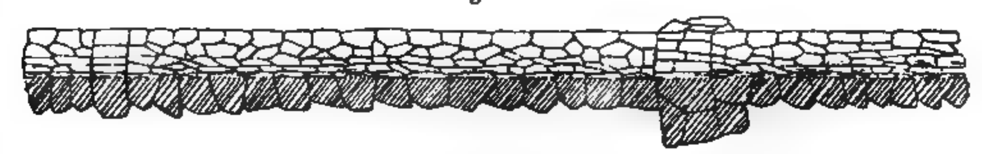
Ihre Herstellung erfolgt in Art des Uferschutzbaues. Besonderes Gewicht ist auf die ausreichendste Versicherung des Buhnenkopfes zu legen.

§ 10. d) Schalenbauten. Schalen oder Kunetten sind künstlich hergestellte Abflusskanäle mit am vorteilhaftesten segment- oder halbkreisförmigem Profile.

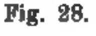
In der Regel kommt der Schalenbau zur Verhinderung der Sohlenerosion in den obersten Runsen des Niederschlagsgebietes eines Wildbaches zur Anwendung, doch setzt das voraus, dass die beiderseitigen Gehänge schon so weit abgeböscht sind, dass durch

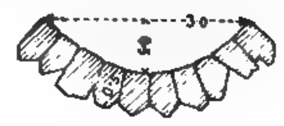
ihren Einsturz oder selbst nur durch Herabfallen grösserer Steine, die Schale, die in der Regel gemauert ist, nicht Schaden leide. In grösserer Form können Schalen auch behufs Ableitung des Baches, sei es im Talinnern, sei es am Schuttkegel errichtet


Fig. 27.



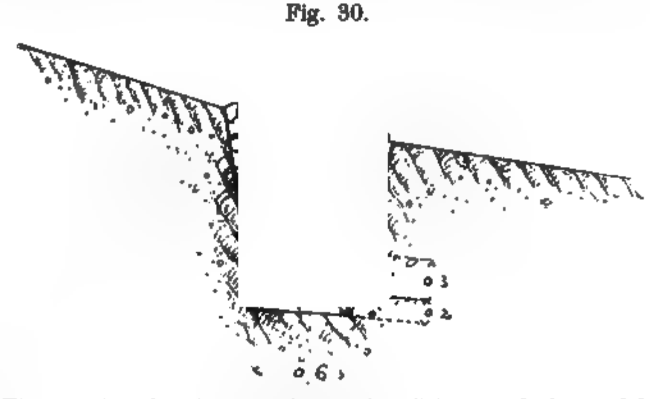
werden. Unter gewissen Verhältnissen kann es genügen, an Stelle von Steinschalen, hölzerne, schalenförmige Gerinne oder selbst solche aus Rasen (Rasenkunetten) zu ähnlichen Zwecken herzustellen. Vorteilhaft sind gemauerte Schalen in Verbindung mit Verpfählung, die sog. Pfahlkunetten. Die Dimensionierung hängt in allen Fällen von den zu erwartenden Abflussmengen ab. In steilem Gefälle wird die Unterstützung durch Grundschwellen not tun. Die Figuren 26—29 zeigen eine durch Grundschwellen gestützte Steinschale. Hervorzuheben ist, dass derartige Objekte, wenn es besondere Verhältnisse nicht anders erheischen sollten, von unten hinauf zu bauen sind, weil im Falle des Eintretens eines Hochwassers während der Arbeit, grösseren Beschädigungen besser vorgebeugt erscheint.


Fig. 28.


Fig. 29.

§ 11. e) Entwässerungsanlagen. Dieselben bestehen in der Errichtung von Entwässerungsgräben zum Zweck der Ableitung der Quell- und Sickerwässer, welche vornehmlich durch Unterwühlung schädlich wirken Für die Anlage sind die lokalen oft so verschiedenen Verhältnisse derart massgebend, dass sich in gedrängter Kürze allgemeine Grundsätze für die technische Durchführung nicht aufstellen lassen. In den Wildbächen ist es unbedingt notwendig, die auf Unterwühlung der Gehänge zurückzuführenden Terrainbrüche sorgfältig zu beobachten und eventuell vorerst provisorisch zu entwässern, bevor zur Anlage definitiver derartiger, zumeist kostspieliger Arbeiten geschritten wird.

Fig. 30.

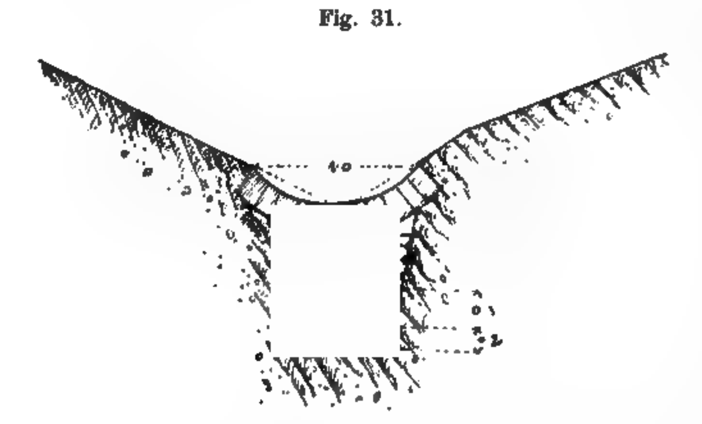


Die Fig. 30 und 31 zeigen Querschnitte von Entwässerungsgräben, wie solche zumeist zur Herstellung gelangen. In Fig. 31 ist der Graben durch eine Schale gedeckt, welche den Zweck hat, das oberflächlich abfliessende Meteorwasser unschädlich über den lockeren, unterwühlten Hang abzuleiten.

Die Anlage, die wenn nötig, in anderen vorangehenden baulichen Massnahmen, als Fussversicherungen, Sohlenversicherungen u. dgl. m. ihre Stütze finden muss, soll

umsomehr die Eigenschaft der tunlichsten Banökonomie aufweisen, als ihre Zweckmässigkeit oft von vornherein nicht hinreichend beurteilt werden kann. Zur Füllung der Gräben ist deshalb der in der Regel nicht weit von der Baustelle zu gewinnende Stein, oder Holz (Faschinenmateriale, Geäste u. s. w.) zu verwenden. Drainröhren und ähnliche Leitungen sind der Kostspieligkeit und der in der Regel hohen Transportkosten halber, selten im Gebrauch.

Fig. 31.



Der zu verwendende Stein ist von der anhaftenden Erde zu befreien und mit der breiten Fläche nach abwärts zu legen. Die grössten Steine kommen zu unterst zu liegen. Um das Verschlämmen zu verhindern, ist eine Einlage von Moos oder von Fichtennadeln vorteilhaft. Bruchstein in loser Schichtung ist, weil dem Wasser mehr Zwischenraum zum Abflusse geboten wird, vorteilhafter, als Findlinge. Bei grösserem Gefälle ist die Sohle des Entwässerungsgrabens durch Pflasterung oder sonstwie zu versichern. Die Anlage ist an geeigneten Stellen, so insbesondere am untern Ende durch Grundschwellen zu stützen; auch stützt sich oft der Entwässerungsgraben (Hauptgraben) in seinem untersten Teile an ein Parallelwerk, welches der zu entwässernden Lehne als Fussversicherung dient, wobei naturgemäss für den ungehinderten Abfluss der abgeleiteten Wässer Sorge getragen werden muss. Offene Gräben kommen im Hinblick auf die Gefahr der Verschüttung selten in Anwendung.

Eine besondere Art der Entwässerung bilden die Horizontalgräben von Geppert, welche die Lehne horizontal ununterbrochen durchziehen und das Meteorwasser im Abflusse über die Lehne aufhalten sollen. Ihre Anwendung ist im Hinblick auf den Kostenpunkt und auf den Umstand, dass das Wasser zum Stagnieren veranlasst wird, in den lockeren Boden einzudringen und dann vielleicht zu unterwühlen vermag, nicht zu empfehlen.

Entwässerungen werden auch dann mitunter erforderlich, wenn es sich um die Vermeidung der Gefahr von Bergstürzen oder grösseren Steinschlägen handelt, falls diese auf die Frostwirkung oder Unterwühlung des in das Gestein eindringenden Wassers zurückzuführen sind. Mit ihnen Hand in Hand gehen dann nicht selten Untermauerungen des zum Sturze vorbereiteten Gesteines.

§ 12. *f*) Lehnenbindungen. Sind die Grundursachen, welche die Terrainbewegung hervorrufen, als Erosion, Korrosion, Unterwühlung, durch die vorangeführten baulichen Massnahmen behoben, so kann, wenn dies noch nötig fallen sollte, zur oberflächlichen Bindung des Terrains geschritten werden. Es erfolgt dies durch Verflechtung, Plaggadierung, in seltenen Fällen durch Abpflasterung, durch Herstellung von sog. Berauhwehren und auf mancherlei andere Weise.

Die Verflechtung in weiten Flächen ist eine in der Regel ziemlich kostspielige Massnahme und soll, wenn nicht unbedingt nötig, vermieden werden. Ihr, sowie andern Bodenbindungsarten geht gewöhnlich das Planieren (Skarpieren) des Bruchterrains voraus. In vielen Fällen wird man sich mit der Entfernung der grössern Steine in der

Bruchfläche, deren Wasserrisse auf tunlichst primitive Weise gegen weitere Erosion versichert werden, begnügen können. Nach Herstellung möglichst einfacher Terrassen, wird das am vorteilhaftesten aus ausschlagfähigen Pflöcken und Flechtmateriale zusammenzustellende einfache Flechtwerk in am besten horizontal verlaufenden Reihen errichtet, wobei die Arbeit grundsätzlich von unten nach oben hin fortzuschreiten hat. Der Zaun soll behufs Verhinderung seiner Beschädigung durch herabrollende Steine möglichst wenig aus dem Boden hervorragen, oder doch an der Bergseite durch angelegtes Erdreich gedeckt werden.

Bei Anwendung von Rasenplaggen wird die Lehne entweder vollkommen mit diesem Materiale bedeckt, oder es ist dasselbe schachbrettförmig angeordnet; die dann entstehenden freien Stellen werden bepflanzt. Die Anwendbarkeit dieser Methode ist eine beschränkte. Ebenso eignet sich volle Abpflasterung nur für kleine Flächen von besonderer Wichtigkeit. Berauhwehren bestehen in dem Aushub von horizontal verlaufenden kleinen Gräben, in welche ausschlagfähiges Material gesteckt und an der Lehne befestigt wird.

Nach einem von Müller[17]) empfohlenen Systeme werden Rasenplaggen vereinzelt auf der Lehne mit je einem Pflocke befestigt; die Zwischenräume sind zu bepflanzen. Auch die dem Firmamente zugekehrte, gewöhnlich beraste Seite der oft überhängenden Bruchwände, wird nach Müller durch vereinzelt aufgelegte, mit Pflöcken befestigte Plaggen versichert, verschlagen.

Die weitern Lehnenbindungsarbeiten, als Berasung und Aufforstung zählen zu den forestalen Massnahmen, auf die an anderer Stelle zurückgekommen wird. Hervorgehoben sei, dass es stets geboten erscheint, das allenfalls innerhalb der Bruchfläche und an deren Rändern stockende schwere Holz zu entfernen.

Wenn auch nicht als Lehnenbindung, so doch als ein Mittel, welches vor allenfalls abgehenden Steinen, vor Steinschlag, zu schützen hat, sind innerhalb der Lehne zu errichtende höhere Flecht- oder auch Schwartling-Zäune anzusehen.

§ 13. g) Schuttkegelsicherungen. Die diesbezüglichen Arbeiten kommen vorwiegend bei den Wildbächen des Hochgebirges, woselbst die Schuttkegelbildung in der Regel eine ausgesprochene ist, in Anwendung. Im allgemeinen kann die Versicherung des Schuttkegels auf zweifache Weise erfolgen und zwar durch Herstellung eines mehr oder minder festen, stabilen Gerinnes, oder aber durch Schaffung eines Ablagerungsplatzes, in welch' letzterem Falle strenge genommen, weniger der eigentliche Schuttkegel gesichert, als vielmehr das angrenzende Gelände vor der Schuttkegel-Erweiterung bewahrt wird.

Bei Schaffung eines Gerinnes am Schuttkegel sollen die folgenden, wichtigsten Gesichtspunkte nicht ausser acht gelassen werden.

Das Gerinne soll ein Querprofil erhalten, welches genügend gross ist, um die Wässer des höchsten Standes samt Geschiebe abzuführen. In den Hochgebirgsbächen wird das einfache schalen- oder trapezförmige Profil gewählt, weil die in der Regel grössern Gefällswerte die Abfuhr des Hochwassers sowohl als auch des Niederwassers in einem einfachen Profile gestatten. Das Längenprofil des Gerinnes muss ein Gefälle aufweisen, welches einerseits eine ungehinderte Materialabfuhr, anderseits geringe Gefahr der Beschädigung des Baues, namentlich der Sohle desselben voraussetzen lässt. Die lokalen Verhältnisse lassen bezüglich der Wahl des Längenprofiles in der Regel nicht viel Spielraum. Längenprofil und benetzte Querprofilfläche bedingen im Vereine

---

17) F. Müller, „Die Gebirgsbäche und ihre Verheerungen", Landshut 1857.

die Abflussgeschwindigkeit und die Masse des ungehindert abzufliessenden Wassers. Geschwindigkeitswerte von über 4 m pro Sekunde gehören schon zu den bedeutenderen im Hinblick auf die Gefahr der Erosion und Verletzung der Gerinnsohle bei grober Geschiebsführung.

Die Mündung des Gerinnes in den Rezipienten soll die ungehinderte Abfuhr des Wassers und des Geschiebes gestatten.

Die in der Regel durch ein festes Querwerk gestützte Einmündung soll deshalb tunlichst spitzwinkelig erfolgen. Behufs Vermeidung jedes Rückstaues bzw. Schaffung der nötigen Vorflut soll, was allerdings nicht immer tunlich ist, die Sohle des Gerinnes höher liegen als der Hochwasserspiegel des Rezipienten.

Der Beginn des Gerinnes, dessen Trace naturgemäss mit Rücksicht auf Abwendung der Gefahr für Ortschaften, Kommunikationen gewählt sein soll, muss gegen die Gefahr der Beschädigung, insbesondere Hinterspülung geschützt sein.

Endlich muss die ganze Anlage allen sonstigen technischen Anforderungen entsprechen. Bei vorherrschenden grössern Gefällswerten ist unter allen Umständen die Pflasterung der Sohle in Zement, vielfach aber auch die Unterstützung des Sohlenpflasters durch Grundschwellen, bei allenfalls staffelförmiger Ausgestaltung des Längenprofiles der Gerinnsohle geboten. Die beiderseitigen Böschungen sind der grössern Stabilität halber tunlichst flach zu halten. Die Ausführung erfolgt nach Art des Schalenbaues und wie dort, von unten nach oben, nach vorhergegangener genauer Trassierung und Profilierung.

Was die Schaffung von Ablagerungsplätzen auf Schuttkegeln anbelangt, so bestehen dieselben aus der Errichtung von entsprechend hohen Fassungsmauern, welche, von der Spitze des Schuttkegels ausgehend, sich an einer entsprechenden Stelle an seinem unteren Ende wieder vereinigen. Diese Vereinigungsstelle ist zumeist durch ein Querwerk, eine Talsperre oder Grundschwelle gestützt und von da ab wird der vom Geschiebe entlastete Bach in einem in der Regel bis wenigstens auf kurze Strecke talab gesicherten Gerinne abgeführt. Ablagerungsplätze kommen im Hinblicke auf ihren denn doch nur problematischen Wert und die Kosten ihrer Ausführung selten zur Herstellung.

§ 14. h) Berasung und die Aufforstung. Die erstere soll den Boden oberflächlich binden und gegebenen Falles zur Aufforstung geeigneter machen.

Zur Berasung von Gebirgsböden eignet sich die Esparsette (Hedysarum onobrychis), welche vorteilhaft im Herbste mit Ueberfrüchten gesäet wird. Weiters sind zu nennen je nach Lage und Beschaffenheit der Oertlichkeit: die Luzerne, Medicago sativa und media, die Carex-, Poa- und Luxulaarten, das riedgrasartige Rauhgras, Lasiagrostis calamagrostis u. a. d. m. In neuerer Zeit werden wegen ihrer Pfahlwurzelbildung, bzw. besonderer Widerstandskraft gegen Temperaturwechsel gerühmt: die veredelte Platterbse, Lathyrus silvestris und das Flohkraut der Insel Sachalin, Polygonum sachalinense.

Speziell im Gebirge soll die Rutschfläche nur mit einer Handhaue stellenweise aufgelockert werden und es sind eventuell vorhandene einzelne Grasbüsche, besonders von Alpenrispengras stehen zu lassen. Vor allem ist es ratsam, den als erste Besiedlungspflanze auf Rutschflächen charakteristischen Huflattich (Tussilago farfara), in höhern Lagen den Alpenlattich (Adenostyles albifrons) wegen der bodenbefestigenden unterirdischen Kriechtriebe möglichst zu schonen.

Was die Aufforstung anbelangt, so kann von diesbezüglichen Erläuterungen hier wohl abgesehen werden, zumal ja jeder Forstmann mit den einschlägigen Arbeiten betraut sein muss. Es wäre hervorzuheben, dass insoweit es sich um Aufforstung von

entblössten und zur Rutschung geneigten Böden handelt, die Erziehung von Niederwaldbeständen ins Auge zu fassen ist, damit einerseits die Aufforstung rascher vollzogen werden könne und damit nicht späterhin, durch die Schwere der oberirdischen Hochwaldmasse die Bewegungstendenz des Bodens gefördert werde.

Bei Ergänzung der Aufforstung innerhalb des Niederschlagsgebietes des Wildbaches ist besonders darauf zu achten, dass die geeigneten Oertlichkeiten, d. h. die mehr oder minder steilen Einhänge der Waldkultur zugeführt werden.

Es handelt sich im Wildbachgebiete mehr um die Oertlichkeit des Waldbestandes und um seine Beschaffenheit, denn um die Ausdehnung desselben.

§ 15. i) Besondere Verbauungssysteme. Als besondere Verbauungssysteme die des knappen Raumes wegen nur in Kürze erwähnt werden können, sind zu nennen:

1. Das System nach Jenny. Dasselbe besteht in der Ausschalung der Bachbettsohle mit Steinen. Jedoch wird vorerst, um nicht allzu kostspielige Schalen herstellen zu müssen, die mehr oder minder tief eingeschnittene Bachbettsohle des Wildbaches oder einer jeden Runse desselben auf ihre ursprüngliche d. i. normale Höhe emporgehoben und erst dann gegen neuerliche Unterwühlung durch die Aufführung einer Steinschale gefestigt, deren Profil ausschliesslich nach den Abflussmassen zu bemessen ist. Das Heben der Bachbettsohle wird in einfacher Weise durch gewöhnliche Flechtzäune derart erzielt, dass diese von unten nach aufwärts fortschreitend in passenden Abständen errichtet werden.

Diese Methode bietet übrigens nichts Originelles und hat eigentlich in der Literatur ihren Namen in nicht gerechtfertigter Weise bis zum heutigen Tage erhalten.

2. Das System nach Schindler[18]. Das sogenannte natürliche Verbauungssystem nach Schindler ist etwas originelleres und beruht, um kurz zu sein, in der Schaffung nach oben konvexer Gerinnssohlen und in der fast ausschliesslichen Anwendung des gewöhnlichen Holzpfahles als Baumittel.

Die Anwendung dieses Systemes, selbst in modifizierter Form, ist eine bisher beschränkt gebliebene.

3. Das Regulierungssystem nach Wolf. Das Regulierungssystem nach Wolf, bestehend in den sog. schwimmenden Gehängen, hat sich in den Wildbächen nicht bewährt.

4. Das System nach Seeling. Besser und häufiger anzuwenden ist das System nach Seeling, bestehend in der Verwendung von losem nur mittelst Pflöcken oder Draht an den Ufern befestigten Faschinenmateriale zum Uferbaue.

5. Das System nach Serrazanetti. In neuester Zeit wird ein System empfohlen, welches nach seinem Erfinder als das System Serrazanetti bekannt geworden ist und in der Anwendung von Drahtgeflecht (Drahtgeflechtsäcke mit Schotter gefüllt), zum Uferschutzbau beruht. Genügende Erfahrungen konnten mit diesem Systeme noch nicht gemacht werden.

B. Die Lawinenverbauung.

§ 16. 1. Ursache und Einteilung der Lawinen. Verschiedene Einflüsse sind es, welche den auf den Gehängen angehäuften Schnee in Bewegung setzen und so das Entstehen der Lawinen verursachen.

Auf schiefen Flächen findet mitunter selbst schon bei geringem Gefälle, den Gesetzen der Schwere folgend, eine Bewegung des Schnees statt. Dieselbe hängt von der Neigung des Hanges, von der Beschaffenheit und Masse des gefallenen Schnees,

18) A. Schindler: „Die Wildbach- und Flussverbauung nach den Gesetzen der Natur", Zürich 1888.

von den Witterungsverhältnissen, so namentlich Windströmungen, dann von der Konfiguration, Beschaffenheit der Bodendecke und mitunter auch von Zufälligkeiten ab.

Die Grundursache des Entstehens gibt den Lawinen in der Regel auch ihren Charakter. So werden die Lawinen nach Coaz[19]) in Staub-, Grund- und Oberlawinen geteilt, zu welchen noch die Gletscherlawinen zugezählt werden können. Staublawinen entstehen, wenn es bei kalter Witterung stark schneit. Die grosse Masse des leichtflügigen Schnees gerät dann auf steilen waldlosen Hängen wie eine Schichte Sand in Bewegung, und reisst die übrige Schneemasse mit sich fort. Der feine Schnee wird vom Winde getragen, der schwerere bewegt sich am Boden. Die Luft wird komprimiert und strömt als Orkan, dessen Wirkung zumeist eine grössere als jene der Lawine selbst ist, dieser voraus zu Tale. Solche Lawinen brechen gewöhnlich schon während des Schneefalles ab, oder sie werden nachträglich durch Windströmungen veranlasst.

Der bei mässiger Kälte gefallene Schnee ist nass, massig, schwer und hängt an dem Boden ziemlich fest an. Grössere Massen solch frisch gefallenen Schnees rutschen viel eher ab oder sind bei mässig warmer Temperatur noch zu locker, um nicht von selbst in Bewegung zu geraten. Dieser Schnee bleibt aber mehr massig beisammen, zerstiebt nicht, übt daher auch keinen so grossen Druck auf die Luft aus, wie derjenige der Staublawine. Die Schnelligkeit der letzteren ist vermöge der Reibung, vermöge der Hindernisse an der Gleitfläche, eine verhältnismässig geringe, ihre Wirkung eine räumlich beschränkte. Solche Lawinen heissen Grundlawinen, Schlag-, Schlass- oder Schlessemlawinen.

Wenn auf die Firnkruste des gefrorenen alten Schnees frischer Schnee fällt, und dieser dann auf der glatten Gleitfläche in Bewegung gerät, so wird von Oberlawinen gesprochen.

Gletscherlawinen dagegen entstehen, wie schon der Name sagt, wenn sich am Ende eines Gletschers bedeutende Eismassen loslösen, über steile Hänge stürzen, dabei in kleine Eisteilchen zerstieben und in Form einer Staublawine ins Tal stürzen. Abrutschende Schneemassen endlich oder Lawinen von kleinem Umfange werden als Schneerutschen bezeichnet.

Um die Ursachen der Lawinenbildung kurz zu berühren, ist zunächst hervorzuheben, dass die Neigung des Hanges als wenn auch nicht immer ausschlaggebend, so doch als massgebend angesehen werden muss.

Unregelmässiges Gefälle ist der Lawinenbildung weniger günstig, als regelmässiges. Ein terrassierter Hang kann das Entstehen von grössern Grundlawinen verhindern. Das gleiche gilt von sanft verlaufenden Mulden, in welchen sich grössere Schneemassen anzusammeln vermögen. Muldenförmiges abschüssiges Terrain dagegen ist der Lawinenbildung förderlich, weil durch das sich am Muldengrunde ansammelnde Schmelzwasser der Schnee leicht in Bewegung gerät.

Eine hervorragende Rolle spielen die Masse des gefallenen Schnees und die herrschenden Witterungsverhältnisse. Während die Staublawinen zu Beginn und während des Winters am häufigsten zu beobachten sind, gehen die Grundlawinen zumeist zu Ende des Winters oder zu Beginn des Frühjahrs zur Zeit der Schneeschmelze und zwar gewöhnlich innerhalb eines Zeitraumes von 14 Tagen ab. Ein zur Zeit der Schneeschmelze eintretender Regen befördert den Abgang von Grundlawinen ganz besonders. Oberlawinen bilden sich zumeist während der Monate Dezember, Jänner und Februar. Bei ruhigem Wetter hält sich der Schnee bis zu einer bedeutenden Schichte am Hange; bei stürmischer Witterung rutscht er schon bei geringer Schichtenhöhe.

---

19) S. Coaz, „Die Lawinen der Schweizer Alpen", Bern 1888.

Je bewegter die Luft, desto leichter entwickeln sich daher die Lawinen, insbesondere die Staublawinen. Das Ueberspringen des Windes von einer in eine andere Richtung soll das Anbrechen von Lawinen ganz besonders begünstigen.

Der Grad der Sonnenwärme zur Zeit der Schneeschmelze ist von hervorragendem Einfluss auf den Abgang von Lawinen. Die Südabhänge mit direkt einfallenden Sonnenstrahlen sind daher im Hinblick hierauf der Lawinenbildung günstiger als die Nordabhänge. Wegen der sich auf der Sonnenseite des Gebirges leichter bildenden Firnkruste, treten dort Oberlawinen häufiger als auf der Schattenseite auf. Bei windstillem Wetter und kräftigem Sonnenschein fällt die Zeit des Lawinensturzes nach Coaz auf die ersten Nachmittagsstunden, je nachdem der Hang etwas früher oder später von den Sonnenstrahlen getroffen wird. Bei Südwind, Scirocco, halten sich die Lawinen an keine Zeit mehr. Im Hochgebirge fallen übrigens Lawinen nicht selten bei jedem neuen Schneefall, selbst mitten im Sommer. Es wird auch beobachtet, dass Lawinen zumeist bei heiterer Witterung, seltener bei bewölktem Himmel abgehen, weil bei heiterer Witterung, namentlich morgens Kälte eintritt, der Schnee, d. h. die Eisfäden, welche ihn an die Bergseite festhalten, sich zusammenziehen, brechen und die Bewegung der Massen herbeiführen. Quell- und Sickerwässer, dann die Schmelzwässer durchfeuchten die untere Bodenschichte bis zur Sättigung und vermindern im Abwärtsgleiten auf der Trennungsfläche die Reibungswiderstände dortselbst. Sie sind sonach der Bildung von Grundlawinen förderlich.

Die geologischen Verhältnisse des Grundgesteines sind weiter sehr einflussnehmend. Die kristallinischen Massengesteine sind, bei gleicher Steilheit des Hanges, der Lawinenbildung weniger günstig, als die kristallinischen Schiefergesteine, z. B. Glimmerschiefer, Flysch u. s. w. Stark in Verwitterung begriffenes Gestein ist der Bildung von Grundlawinen förderlicher als festes, obzwar grosse Steine und Felsblöcke mitunter gute Hindernisse dem Lawinenabgang bieten. Gefährlich und zwar im Hinblick auf das Abgehen von Grundlawinen sind steile, mit Quell- und Sickerwässern durchtränkte Schichtenseiten, auf welchen die Bodenschichte stets feucht und im gefrorenen Zustand auch schlüpfrig bleibt. Die Seite der Schichtenköpfe mit rauher Oberfläche ist der Lawinenbildung, wenn nicht besonders starke Steigung vorhanden, weniger günstig.

Von Einfluss auf die Lawinenbildung ist die Beschaffenheit der Vegetationsdecke. Geradstämmiger, dichter, nicht zu alter Wald bietet die meisten Hindernisse. Weiden-, Krummholz, Erlen-, Jungbuchen- und Junglärchenbestände können infolge ihrer Elastizität die Bildung von Lawinen nicht immer und nicht überall verhindern. Rasen ist dem Abgleiten des Schnees günstig. In den über der Waldvegetation gelegenen sogenannten „Bergmähdern" mit oft 40—50 Grad Steigung sind Lawinen am meisten zu beobachten. Insbesondere treten dieselben gerne im zweiten Winter dort ein, wo die Ernte nur jedes zweite Jahr erfolgt. Im ersten Winter nach der Heuernte geben nämlich die steifen Grasstoppeln noch einigen und zwar mehr Halt als das lange und schlüpfrige Gras des zweiten Jahres.

Unter den Zufälligkeiten, welche die Lawinenbildung begünstigen können, ist das Abfallen von Eiszapfen, Steinen, Aesten und namentlich von Schneeschildern und Schneewächten, wie solche sich nicht selten an scharfen Gebirgsrücken, vorstehenden Felspartien etc. bilden, zu nennen. Wird der Fuss einer Schneewand von einem Bache unterwaschen oder unterbricht eine Quelle, oder sonst ein Umstand den Zusammenhang der Schneemassen, so wird das Entstehen der Lawinen begünstigt. Hinsichtlich zufälliger Erschütterung wird auch darauf verwiesen, dass die Landbevölkerung nicht selten sogar das Glockengeläute als Lawinen-Erreger fürchtet.

§ 17. 2. Die Lawinen-Verbauung. Im Abbruchgebiete einer Lawine ist

die Gewalt der in Bewegung geratenen Schneemassen zumeist eine noch so geringe, dass man gewöhnlich mit unbeträchtlichen Mitteln helfend eingreifen und die Ursache der Bildung, insbesondere von Grundlawinen, nicht selten durch zweckentsprechende Massnahmen beheben kann.

Schwieriger ist es Staublawinen und wohl auch Oberlawinen in ihrem Entstehen und ihren Wirkungen zu bekämpfen. Im allgemeinen kann man Bauten zur Festigung und Bindung der Lawinen in deren unmittelbarem Anbruchsgebiete, dann Bauten, die eine Ableitung der Lawinen bezwecken und solche, die ausschliesslich zum Schutze einzelner Objekte errichtet werden unterscheiden. Nach Massgabe des verfügbaren Materiales können die einzelnen Werke ausschliesslich aus Holz, aus Holz und Eisen oder aus Stein hergestellt werden. Endlich können die Verbauungs-Anlagen noch in dauernde und in vorübergehende unterteilt werden. Die ersteren, für welche der Steinbau zunächst zu berücksichtigen käme, sind in jenem Anbruchsgebiete auszuführen, wo die Bodenverhältnisse oder die Höhenlagen eine Bewaldung ausschliessen, während dort, wo eine Aufforstung noch möglich und gleichzeitig auch veranlasst wird, den Bauten der Charakter provisorischer Anlagen zufällt, da sie eben nach einer bestimmten Zeit durch den angewachsenen widerstandsfähigen Holzbestand ersetzt werden sollen.

§ 18. 3. Mittel zum Abbaue der Lawinen im Abbruchsgebiete[20]. a) Allgemeines. Als Massnahmen zum Abbaue der Lawinen im Anbruchsgebiete sind alle jene anzusehen, welche die Reibung zwischen Schnee und Unterlage vergrössern, sowie ein Abtrennen oder Abrollen losen Schnees verhindern.

Als ein Lawinenbildung hinderndes Mittel gilt dichter, geradstämmiger, nicht zu alter Wald, während, wie bereits an anderer Stelle hervorgehoben, steile Weiden, Wiesen, Felshänge, Mulden, Runsen und Tobel, sowie auch Krummholz-, Erlen-, Jungbuchen- und Junglärchen-Bestände u. dergl. infolge ihrer elastischen Nachgiebigkeit die Bildung von Lawinen nicht immer und überall aufheben.

Es ist ein naheliegendes Mittel, durch Aufforstung der Anbruchsgebiete die Bildung von Lawinen zu verhindern. Damit jedoch an solchen Stellen überhaupt das Fortkommen von Kulturen ermöglicht wird, sind bis zur Kräftigung derselben weitere Mittel in Anwendung zu bringen. Sie dienen dazu, die Bewegung des Schnees zu verhindern, welche einerseits den Anlass zur Lawinenbildung gibt, anderseits die zarten Pflanzen leicht entwurzelt. Diese Mittel sind: Verpfählungen, Schneebrücken und Schneefänge aus Holz.

§ 19. b) Verpfählungen. Die Verpfählung glatter Flächen besteht darin, dass Rund- und Spaltholzpflöcke in einer Länge von 1,6—2,0 m nach entsprechender Vorbohrung zur Hälfte in den Boden getrieben werden. Die Pfähle stehen meist reihenartig mit einer Pflockdistanz von 0,6 m und einer Reihendistanz von einem oder auch mehreren Metern. Diese Anlagen erfüllen den bescheidenen Zweck, dem sie dienen, bei nicht zu bedeutenden Schneehöhen und nicht zu trockenem körnigen Schnee gut, doch sind Ausrutschungen von Schnee aus den Lücken oder oberhalb der obersten Pfähle beobachtet worden.

Oberhalb der Verpfählung nicht zu hoch abreissende Schneemassen gehen entweder zerteilt zwischen den Pfählen durch oder rutschen, wenn die Pfähle im Schnee stecken, darüber hinweg, dabei wohl auch Schäden verursachend.

20) „Ueber die Lawinen Oesterreichs und der Schweiz und deren Verbauungen"; dann „Ueber den Schnee im Gebirge"; von Vinzenz Pollak. Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines. Wien 1891.

Pfähle bis zu 0,3 m Entfernung geschlagen, kommen als **geschlossene Pfahlreihen** oder auch **Pfahlwände** hie und da zur Anwendung.

Bald nach dem ersten grösseren Schneefall zeigen sich jene Stellen, wo die Pfähle zu wenig Boden fassen konnten, indem sie durch den Schneedruck aus ihren Lagen gebracht werden.

Im allgemeinen soll man solche Verpfählungen d. h. Holzwerke überhaupt über der Waldgrenze nur anwenden, wenn eine Aufforstung möglich ist und erstere daher nach genügender Erstarkung letzterer, nicht mehr erneuert zu werden brauchen, was je nach Höhe und Lage 15—25 Jahre dauern kann. Während dieser Zeit sind die Pfähle je nach Stärke und Güte 1—3 mal zu erneuern.

In minder steilen Lagen und bei geringer Bodentiefe lassen sich mit Vorteil 3 seitige Pyramiden, welche aus Pfählen hergestellt, und wobei die 3 Pfähle am Kopfe durch einen hölzernen oder eisernen Bolzen und Eisenring zusammengehalten werden, verwenden. Die Bockfüsse können noch überdies mittelst Querbändern untereinander verbunden und versteift werden. Alle einzuschlagenden Pfähle sind anzuspitzen und anzukohlen

Fig. 32.

Eine zweite Art der Verbauung besteht darin, dass man die Pfähle in unterschiedlich langen Reihen aufstellt, beziehungsweise 30—60 cm tief in den Boden einschlägt und dann mit alten Stangen, Ast- und Abraumholz verflicht, Figur 32 und 33. Es genügt, wenn diese 4—10 m langen Pfahlreihen in Abständen von 6—15 m in horizontalen Linien ober- und unterhalb der Abbruchslinie derart gestellt werden, dass über einen Zwischenraum der untern Reihe stets ein Flechtwerk in der obern Reihe zu stehen kommt.

Fig. 33.

§ 20. c) **Schneebrücken und Schneefänge.** Sind kleine felsige Rinnen oder Gräben zu verbauen, dann werden sog. Schneebrücken, Fig. 34, angebracht. Eine Schneebrücke besteht aus einem über den Graben gelegten Stammstücke, ähnlich dem Tragholz einer Brücke, welches an den beiden Auflagern durch vorgeschlagene Pfähle befestigt wird. In Abständen von 20—30 cm werden an dieses Stammstück gegen den Hang gestellte Stangen befestigt. Bei grosser Spannweite wird dasselbe auch noch durch unterstellte Joche versteift.

Die Form eines einfachen Schneefanges ist in Fig. 35 dargestellt. Ein solcher

besteht aus Säulen und Querhölzern, die im Anbruchsgebiete zur Aufstellung kommen.

Stärkere Schneefänge sind entweder aus Altschienenständern mit Altschwellen oder Holzriegeln, dann in fester Holzkonstruktion oder aus Trockenmauerung hergestellt.

Fig. 34.

Diesfällige Anlagen sind in den Fig. 36—39 ersichtlich. Die beiden ersteren sollen mit Rücksicht auf ihre bedeutenden Anlagekosten, sowie auf ihre alljährliche Erhaltung und Nachbefestigung nur dort Anwendung finden, wo andere Mittel nicht möglich sind. Schneefänge in Trockenmauerung, bei geringer Stärke, 0,6—1 m, und Höhe von 1 bis 2 m, Fig. 39, sind mit Erfolg zur Ausführung gekommen, ohne dass durch Schneedruck oder Lawinen nennenswerte Schäden an ihnen zu bemerken waren. Dort, wo man auch Oberlawinen tunlichst vermeiden will, muss als nötige Massnahme die entsprechend vermehrte Höhe der Mauern und sonstiger Schneefangvorrichtungen ins Auge gefasst werden. Man hat denn auch in neuerer Zeit die Mauern bis zu 2 m hoch angelegt.

Fig. 35.

Die Mauer- und Schneefang-Höhe und der Höhenabstand der Werke muss eine schädliche, also rasche Bewegung der gefallenen oder zusammengewehten Schneemassen unmöglich machen. Infolge mangelnder einschlägiger Erfahrungen lässt sich so lange nicht anders als probeweise, also dem Gefühle nach, vorgehen, und darin liegt bis heute die schwache Seite der ganzen Abbauweise, bis nicht ausreichende, einschlägige Beobachtungen vorliegen oder die Gesetze der Stützungsmöglichkeit, des Abrollens oder Abfliessens von Schnee und dessen Setzungserscheinungen an geneigten Flächen näher erforscht sind.

Die Frage, ob die Mauern, die in der Regel in der Schichtenlinie, also, wenn in längerem Zusammenhange errichtete, wurmförmig verlaufen, freistehend oder im hinterfüllten Zustande bessere Dienste leisten, ist dort, wo keine grössern Steinschläge drohen — in welch letzterem Falle Hinterfüllungen vorzuziehen sein dürften, da sie die Mauer besser vor Deformationen schützen , nach dem dermaligen Stande dahin zu beantworten, dass die nicht hinterfüllten Mauern den Schnee besser zurückhalten dürften. Die vollkommene Lösung muss von weitern Erfahrungen abhängig gemacht werden. Wenn es sich darum handelt, das Entstehen von Schneeschildern, Schneewächten, zu verhindern, — durch deren Abbruch wird nicht selten das Abgehen von Lawinen ver-

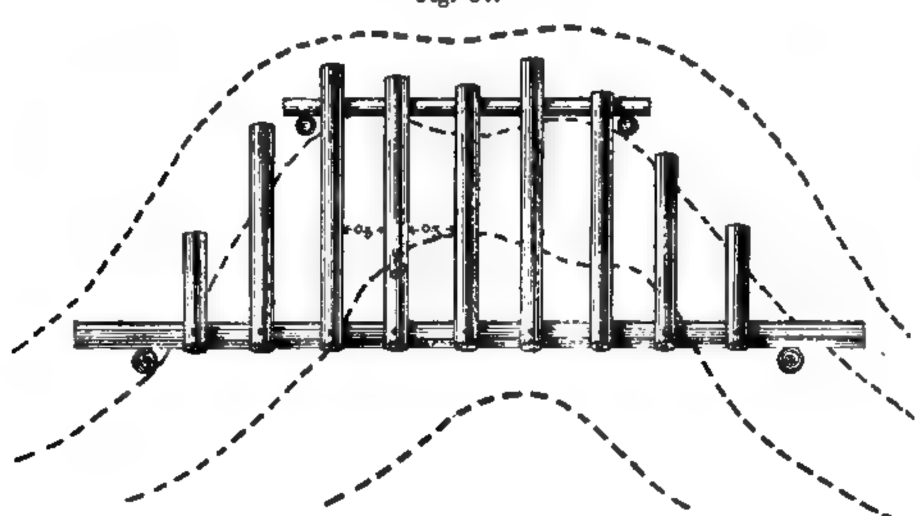
anlasst — so kommen auf scharfen Rücken oder an sonst geeigneten Stellen Schneefänge mit Vorteil in Anwendung.

§ 21. d) Aufforstungen. Bei Lawinenverbauungen, wo es sich um die Instandhaltung umfangreicher Ausführungen handelt, sollen durch Aufforstung mit einer dicht gesetzten, äusserst stämmigen, kräftigen, dem Schneedrucke widerstehenden Pflanzenart nicht nur die Erhaltungskosten wesentlich verringert, sondern es soll ausserdem noch eine erhöhte Sicherung erreicht werden, indem der zweckentsprechend dichte Wald das beste Mittel zur Verhinderung der Entstehung von Lawinen ist.

Fig. 36.

Soll der Wald diesen seinen Zweck erfüllen, so muss er gewisse Eigenschaften haben, und zwar: Er darf nicht von offenen Streifen, Wiesen, Bächen, Runsen, Erdrinsen u. dgl. nach der Linie des grössten Gefälles durchzogen werden, oder grössere Lücken aufweisen, auch sollen die einzelnen Stämme in ziemlich dichtem Schlusse stehen. Der Wald darf nicht zu alt werden, indem dann einerseits die Stämme zu weit von einander zu stehen kommen und das Abgehen von Schnee zwischen denselben ermöglicht wird, und andererseits die einzelnen Stammindividuen durch Ueberständigkeit und losen Stand leicht zu Fall kommen können.

Fig. 37.

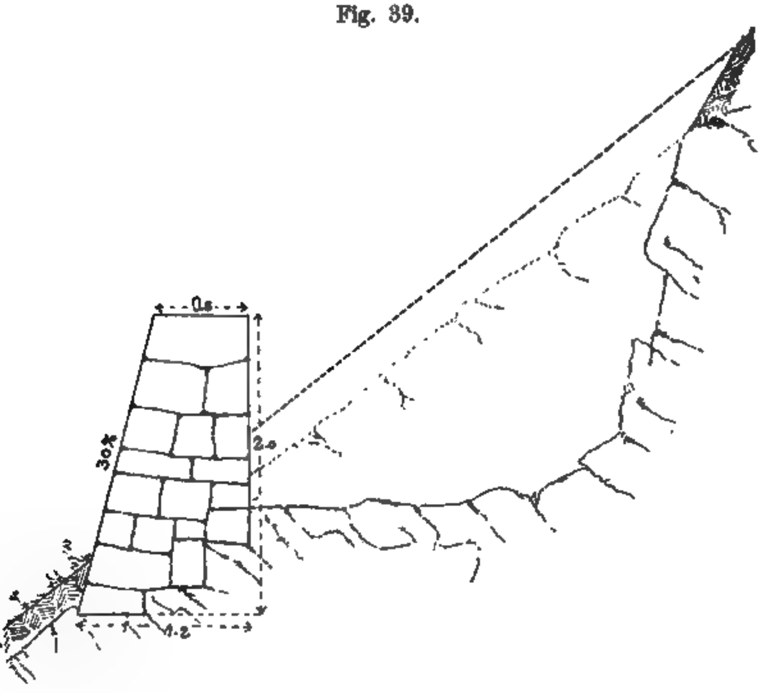


Ueberständige, wurzelunsichere Stämme sollten überall entfernt und die entstehenden Lücken nachgeforstet werden. Doch ist es nicht zu verwundern, wenn dort, wo alte Wälder als Schutz gegen fallende Lawinen dienen, die Bedrohten einem massen-

haften Entfernen der alten grossen Bäume, zum Zweck der Neuaufforstung deshalb Widerstand entgegenstellen, weil sie dadurch auf längere Zeit ihres Schutzes beraubt werden. Hier kann wohl nur eine allmähliche, partienweise, wenn auch schwierige Verjüngung zum Ziele führen.

Wenn man unter natürlicher Waldgrenze jene höchsten Lagen im Gebirge versteht, bis zu welcher Höhe unsere derzeitigen Wälder vordringen, so wird in der Mehrzahl der Fälle die Meereshöhe von 1800 m gewöhnlich wenig überschritten. Dass in vielen Gegenden des Hochgebirges, wo früher Wälder bestanden haben, jetzt dieselben verschwunden sind oder deren obere Grenze herabgedrückt erscheint und hauptsächlich den Weideflächen behufs Vergrösserung der Alpenwirtschaft Platz machen mussten, ist bekannt. Die Möglichkeit der Wiederhebung der herabgedrückten Waldgrenze unter Anwendung der richtigen Massregeln muss jedoch zugegeben werden. Wenn in dieser Richtung nur selten Versuche gemacht werden,

Fig. 39.



so liegt nicht nur passiver und aktiver Widerstand der um die Schmälerung der Weidegründe besorgten Besitzer vor, es befassen sich auch Forstleute nur ungerne mit einer

so schwierigen Arbeit in schneereichen und lawinengefährdeten Lagen, wo von einem Erträgnisse keine Rede sein kann. Bezüglich der zu Lawinenverbauungen geeigneten Holzarten möchte folgendes erwähnt sein:

Reine Lärchenbestände sind für Schneezurückhaltung trotz des raschen Wachstumes gegenüber anderen Nadelhölzern viel zu nachgiebig und elastisch. Selbst schon grössere, mehrere Jahre alte Stämme leisten wenig Widerstand und biegen sich unter einem dichten, reichlichen Schneefall oder dem langsam wirkenden Drucke der anwachsenden Schneemassen zu Tal. Kiefern leiden von Schneebruch viel, stellen sich auch licht, und die Buchen bekommen an Lehnen den bekannten Säbelwuchs, der auf wenig Widerstand in ihrer Jugendperiode hinweist. Deshalb sind die genannten Baumarten allein für die Aufforstung in den Lawinenverbauungen nicht zu empfehlen, ja selbst nicht für Bepflanzung von Bahnböschungen, wo Schnee zurückgehalten werden soll. Die Zirbe ist besonders für Hochlagen eine ausserordentlich genügsame, kräftige Pflanze, die sehr leicht Wurzel fasst. Sie ist es insbesondere, die zum Abbaue von Lawinen in den höchsten Lagen empfohlen werden kann. Ihr zunächst reiht sich die geradstämmige Varietät der Legföhre, die Bergföhre.

Nach abwärts zu wäre diesen Holzarten Lärche und noch tiefer Fichte beizumischen.

§ 22. 4. Lawinenbauten, die eine Ableitung der Lawinen bezwecken, oder ausschliesslich zum Schutze einzelner Objekte errichtet werden. Zu derlei Massnahmen, welche nur als Palliativmittel anzusehen sind und weniger in das Gebiet der Forsttechnik fallen, sind die Leitwerke, Schutzdämme, Schutzmauern und Ablenkungswerke zu zählen. Um durch derlei Vorkehrungen einen grösseren Schneestrom zurückhalten zu können, müssen gewöhnlich bedeutende Mauer- oder Dammhöhen zur Anwendung gelangen, wobei ausserdem der zur Ablagerung nötige Raum oberhalb und längs des Baues vorhanden sein muss.

Leitwerke haben gewöhnlich den Zweck, die abgleitenden Schneemassen in eine zweite Gleitrinne abzuleiten, wo sie allenfalls unschädlich nach der Tiefe stürzen. Die Leitwerke können gleichfalls aus Holz oder Stein bestehen und bekommen die Form einer schiefen Block- oder Balkenwand; mitunter werden sie auch aus einer hinreichend hohen Trockenmauer hergestellt, die sich in einer sanften Kurve längs des Hanges bis zu jener Stelle hinzieht, wo die Einleitung der abstürzenden Schneemassen erfolgen soll. Das Leitwerk bildet mit dem aufwärts ansteigenden Terrain die neue Gleitrinne, deshalb muss das Profil derselben dem Umfange der voraussichtlich zum Absturze gelangenden Schneemassen entsprechen, aber auch den genügenden Festigkeitsgrad besitzen, um dem Seitendruck der gleitenden Schneemassen widerstehen zu können. Die Leitwerke können sowohl innerhalb als auch am oberen oder unteren Ende des Lawinenzuges erbaut werden.

Zum Schutze einzelner Objekte, z. B. Alpenhütten, Wohnhäusern u. s. w. haben sich auch entsprechend dimensionierte Steinpyramiden bewährt, deren eine scharfe Kante gegen den Lawinenzug gerichtet ist. Nur dürfen die abstürzenden Schneemassen nicht übermässig grosse sein. Dagegen haben sich Gräben oder Terrassen im Anbruchsgebiete als erfolglos gezeigt. Im übrigen enthalten, die in der Fussnote 20 zitierten Abhandlungen Pollacks genauen Aufschluss über ausgeführte derartige Bauten und die hiebei zu befolgenden Regeln.

In erster Linie sind die beschriebenen Verbauungen wohl nur als Schutz gegen den Absturz von Grundlawinen anzusehen; immerhin scheint es, dass die durch die Werke erzielte wellenförmige Oberfläche der Schneemassen auch das Abgleiten der Oberlawinen verhindert, wenigstens sind erfahrungsgemäss in einem verbauten Lawinenzuge noch keine Oberlawinen niedergegangen.

Sachregister zum III. Band.

Die Zahlen bezeichnen die Seiten. **Wird ein Gegenstand auch in einem der andern Bände behandelt, so ist in Klammer auf die betr. Stelle verwiesen.**

